Estamos em posição
para fornecer em quantidade

DISJUNTORES A SECO
E DISJUNTORES A ÓLEO

tripolares de baixa tensão, para tensões nominais de 500 e 750 voltios assim como para intensidades nominais compreendidas entre 25 e 2500 Amperes.

Os disjuntores dispõem de disparo térmico tripolar — disparadores unipolares de voltagem — vácuo — ou disparadores rápidos, tripolares, magnéticos.

Prazos de entrega muito interessantes. Pedir pormenores sobre a importação a

HERBERT SCHINKEL
Av. António Augusto de Aguiar, 187, 3.º Esq. — LISBOA — Tel. 44222

»TECHNOIMPEX«

EMPRESA HÚNGARA PARA O COMÉRCIO EXTERNO DE MAQUINARIA

Budapeste 62 B. P. 183 HUNGRIA

C. D. 625.1.042.001

PROBLEMAS DA VIA FÉRREA MODERNA

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) EDUARDO FERRUGENTO GONÇALVES

Dentre os problemas que se apresentam ao Caminho de Ferro para que ele possa manter características de actualidade como transporte colectivo e acelerado, os que respeitam à via férrea não são dos menos importantes, antes oferecem um grau de interesse especial atendendo à função da própria via como suporte da circulação.

Estes problemas referem-se quer aos elementos que formam tradicionalmente a linha, considerados em si e isoladamente, quer ao modo como eles são dispostos na constituição do todo que deve ser a via.

A preocupação é dar a cada elemento características lógicas com a função que tem a desempenhar.

O conhecimento desta função e pois fundamental.

Os elementos da via férrea suportam as cargas estáticas e as reacções dinâmicas resultantes da circulação do material tractor e do de transporte. Conhecidos os esforços que os solicitam o cálculo racional dos elementos constitui aplicação da teoria da Resistência de Materiais, em grau de complexidade variável.

No presente trabalho, referem-se de modo sumário os problemas principais que se suscitam actualmente em relação à via férrea.

Consideram-se em seguida o movimento principal e os movimentos secundários dos veículos em andamento sobre a linha. Isso permite identificar as acções suportadas por esta, ponto de partida necessário para estudos sobre a sua resistência

1. — Introdução

À noção de «caminho de ferro» encontra-se indiscutìvelmente associada a ideia de uma via constituída por dois trilhos metálicos ligados convenientemente entre si de forma a conservarem a sua equidistância, e sobre os quais se deslocam os veículos.

Esta noção pode considerar-se básica, porque a existência da via férrea é condição «sine qua non» da própria razão de ser do caminho de ferro.

Na sua concepção actual, este nasceu pràticamente com o aparecimento da primeira locomotiva. Se este facto marcou um passo importante em prol do progresso da humanidade, há que não esquecer que o problema então resolvido foi essencialmente um problema de tracção. A locomotiva a vapor veio abrir novos horizontes no campo dos transportes tornando possível a tracção de cargas apreciáveis a velocidades que, embora módicas perante as actuais, representavam, porém, quase o inconcebível para o tempo. Dizia-se que a paisagem que se disfrutava do comboio passava com tal rapidez que confundia a vista. Isto quando as velocidades de circulação talvez não atingissem ainda as duas dezenas de km/hora! Hoje circula-se, em algumas linhas estrangeiras, a médias comerciais de 120 km/hora; já se ultrapassaram mesmo os 300 km/hora de velocidade sobre a linha férrea.

Ora muito antes desta verdadeira revolução no campo da tracção, já, porém, estava manifestamente difundida a utilização de trilhos bem definidos servindo de apoio e guiamento aos veículos durante a sua marcha.

No decorrer dos séculos, o homem compreendeu que a movimentação de grandes cargas requer o dispêndio de um muito menor esforço quando, para as deslocar, se abandona o primitivo e simples processo de as fazer escorregar, e se emprega, em sua substituição, qualquer sistema que se fundamente nas vantagens oferecidas pelo rolamento.

Desde o século XV, que o carril tem sido usado como caminho de rolamento, construído inicialmente de madeira, mais tarde reforçado com metal, e em dada altura substituído por barras de ferro fundido. Os veículos eram então movidos a braço ou traccionados por cavalos. Contudo, com o aumento das cargas e a necessidade de acréscimo de resistência da via, os carris não só passaram a ser laminados de aço de características especiais e apropriadas, mas

tomaram sucessivos perfis diferentes, evoluindo no sentido de oferecerem o máximo de resistência à flexão e de facilidade ao rolamento.

Dentro da generalidade da designação *«caminho de ferro»* como *«conjunto da orgânica que assegura os transportes sobre a via férrea»*, entendida esta como significando o caminho de rolamento, lógico é, portanto, que a via ocupe posição elementar.

2. — Características gerais e constituição da via férrea

A complexidade da superestrutura da linha férrea, justifica-se pelos dois objectivos fundamentais que àquela cumpre desempenhar: o de constituir um caminho resistente que permita a circulação regular dos veículos, e o de transmitir à plataforma da via, o mesmo é dizer ao terreno sobre que esta foi construída, as cargas suscitadas pela passagem dos comboios, repartindo-as o mais uniformemente possível, de modo que em cada ponto da plataforma as tensões provocadas pelas ditas cargas não excedam as tensões de segurança do terreno.

Poderemos talvez ainda assinalar à superestrutura da via uma outra função, sem dúvida igualmente de interesse, e que é a de constituir um elemento gozando de certa elasticidade e susceptível não só de resistir aos esforços normais e anormais ocasionados pela passagem das composições em marcha, mas também de amortecer eventuais choques localizados, com o objectivo de evitar deformações prejudiciais da plataforma da linha.

Este múltiplo objectivo permite-nos, contudo, desde já fazer realçar que não é possível separar o estudo da via férrea da consideração e estudo do material móvel — material tractor e circulante.

Na conceituada opinião do Prof. Garcia Lomas *«existem íntimas relações de complementaridade entre a via e o material móvel, considerados do ponto de vista dos elementos que ambos devem apresentar para que a marcha dos comboios seja segura, rápida e estável»*. O estudo dos vários elementos da linha férrea e do material rolante deve portanto ter fundamentalmente em vista a supressão de choques recíprocos, e a redução da amplitude e da frequência das oscilações que aparecem inevitàvelmente durante a marcha do material.

Sintetizando, podem-se apontar à via férrea três características especiais: resistência, flexibilidade e continuidade geométrica do traçado, indispensável à uniformidade de circulação do material rolante, ainda que a via férrea seja por natureza discontínua, por ser, em planta e em perfil, formada por troços de curvatura e inclinação muito diversa, e materialmente constituída por carris de comprimento limitado.

No que respeita às outras duas características mencionadas, a resistência importa no sentido de a linha não sofrer deformações permanentes acentuadas sob a acção das cargas; e a elasticidade, também designada flexibilidade, procura por sua vez evitar que se produzam reacções violentas à passagem do material móvel, em virtude de os elementos não suspensos deste terem uma importância relativa de que não se pode abstrair atendendo ao valor dos esforços postos em jogo. Na circulação rodoviária são os veículos automóveis, dispondo de pneumáticos, que absorvem as reacções do pavimento, dotado de certa rigidez, sobre que circulam; nos veículos ferroviários, porém, os aros metálicos dos rodados são rígidos e a flexibilidade tem de ser inerente à via férrea e não aos rodados do material móvel.

Para satisfazer na prática, de modo aceitável, a estas características que lhe são exigidas, a via tem sido normalmente constituída, em todos os países do mundo, com os elementos seguintes fundamentais:

1.º — duas filas de carris paralelas e convenientemente distânciadas entre si, sobre as quais rolam os comboios;
2.º — elementos transversais — travessas — servindo de apoio e de base de fixação aos carris;
3.º — um elemento incompressível de distribuição de cargas — balastro — sobre o qual repousam as travessas, e que assenta directamente na plataforma da linha.

Necessàriamente há ainda que referir a importância do chamado «pequeno material» que engloba os indispensáveis elementos de ligação entre carris, e os de ligação destes últimos às travessas. No panorama da situação actual da via férrea sob o ponto de vista técnico, este «pequeno material» reveste particular importância pela missão que lhe cumpre desempenhar dentro da preocupação dominante de conferir à

linha moderna, em elevado grau, as características de resistência, elasticidade e continuidade, que apontámos, e que tanto lhe convêm.

Os carris visam a sustentação das cargas dos veículos, e o proporcionar a estes a devida prisão e guiamento. Consequentemente as acções dos comboios sobre eles tanto podem ser de natureza dinâmica como estática.

Às travessas compete concretamente não só a transmissão ao balastro das reacções dos carris sob a acção das cargas, como também a de garantir a permanência da bitola da via ou seja o afastamento entre as duas filas de carris. A par da função de drenagem da superestrutura, o balastro, permeável, constitui ainda o elemento de distribuição das cargas sobre o terreno da plataforma da linha, distribuição que, lògicamente, se pretende seja o mais uniforme possível. Concentrações de tensões em pontos localizados da plataforma originam neles assentamentos maiores do que nos restantes. Deste facto resultam desnivelamentos da superestrutura não só inconvenientes para a suavidade do rolamento, mas sobretudo nocivos para a própria conservação do material da via, uma vez que dão origem a movimentos ondulatórios dos veículos à sua passagem pelas zonas onde esses assentamentos se verificam. Produzem-se então choques e vibrações que aceleram o uso do material de via—carris, travessas, balastro, e correspondentes elementos de fixação e ligação; por outro lado comprometem ainda a indispensável resistência das ligações recíprocas entre os citados elementos, que o mesmo é dizer, que comprometem a resistência da superestrutura da via, impossibilitando-a de desempenhar em boas condições a missão que lhe é inerente.

Para assegurar a característica de continuidade, não basta considerar essa continuidade apenas no sentido geométrico, mas é necessário atender igualmente ao seu aspecto dinâmico, sobretudo na realização de altas velocidades de circulação. A concretização da continuidade dinâmica requer naturalmente uma homogeneidade apreciável da elasticidade da via ao longo do traçado.

3. — Os problemas da via moderna

Dentro do campo dos assuntos ferroviários, o estudo da linha pròpriamente dita constitui hoje um vasto capítulo. Numerosos são os problemas que lhe dizem respeito, todos orientados na consecução do objectivo fundamental de proporcionar à via as características que vimos de lhe assinalar, essenciais à completa segurança das circulações. O máximo rigor geométrico compatível com as possibilidades concretas da realidade, mas aproximando-se tanto quanto possível do rigor teórico e ideal, é condição necessária para permitir a uniformidade de rolamento dos veículos, tanto de mais interesse quanto é certo que a linha é menos esforçada na medida em que a circulação do material se faz com o máximo de uniformidade.

Por sua natureza, antevêem-se portanto, e desde já, como constituindo pontos fracos que requerem especial atenção, as curvas e os aparelhos de via. Aí os esforços a que estão sujeitos os vários elementos da linha por efeito das reacções desenvolvidas pela passagem do material em marcha, dão lugar com bastante frequência a deformações apreciáveis e progressivas, que resultam perigosas por serem causa de sensíveis reduções da resistência e da estabilidade do conjunto. Se nas curvas a tendência é para o derrubamento dos carris exteriores, nos aparelhos de via as discontinuidades geométricas do caminho de rolamento na zona dos cruzamentos originam choques à passagem dos rodados, que tendem a deteriorar o material fixo nesses pontos singulares. Outra causa de deformações nas curvas é a própria inscrição do material rolante, uma vez que os veículos possuem determinado embasamento rígido (apreciável sobretudo nas locomotivas) e os rodados, ligados a uma mesma parte rígida do veículo, conservam forçosamente o seu paralelismo, não se inscrevendo na curva segundo o esquema teòricamente aconselhável, e que corresponde a supor os seus eixos geométricos de rotação convergindo no centro da curva descrita. Os veículos dispõem-se, em consequência, oblìquamente em relação à linha.

O aparecimento de esforços secundários exercendo-se não perpendicularmente à mesa de rolamento dos carris e esforçando estes no sentido do alargamento da bitola e do derrubamento, põe imediatamente em evidência o problema da fixação dos carris às travessas, e o da própria ligação dos carris entre si. Estes problemas constituem hoje um dos pontos fundamentais de interesse nos estudos sobre a linha férrea, já que a realização das grandes velocidades de marcha exige uma via forte que lhes garanta a segurança.

Rolando sobre a linha, os veículos exercem sobre ela acções diversas que se podem considerar como derivando, em última análise, do peso dos veículos, e nos alinhamentos curvos, também da velocidade de marcha, através da força centrífuga. Isto pelo menos em princípio.

Destas causas últimas primárias, chamemos-lhes assim, resultam acções secundárias importantes que, adicionando-se, vão dar origem a que a linha tenha de suportar esforços frequentemente muito elevados e de natureza vária, tornando-se necessário, para os absorver, que ela ofereça características de resistência e de elasticidade adequadas.

Para que estas lhe sejam conferidas é, como se compreende, indispensável o conhecimento prévio e perfeito dos esforços que actuam sobre a via, esforços estáticos e dinâmicos. Este o grande problema actual, tanto mais que, se no campo estático ele não oferece dificuldades de maior, o mesmo não sucede no campo dinâmico, em que o conhecimento da totalidade dos esforços efectivamente actuando é ainda um tanto incompleto, embora os resultados da sua acção sobre a linha permitam afirmar com segurança que eles são variados e complexos. Isso justifica além disso a vasta bibliografia técnica aparecida sobre o assunto em revistas de caminhos de ferro ([1]), e os estudos que a seu respeito se anunciam em curso em muitos países.

Um dos aspectos primordiais é o do contacto roda-carril às diferentes velocidades. O número de parâmetros postos em jogo aumenta consideràvelmente, quando se procura ter em conta os graus possíveis de desgaste do material — carris e aros das rodas; o problema pode então não comportar sequer tratamento analítico global, e no entanto, é porventura este o caso que mais se aproxima da realidade. O desgaste diverso dos carris e dos aros dá origem, na circulação, ao aparecimento de movimentos parasitas que perturbam a uniformidade do movimento principal de translação ao longo da via.

Em consequência, a distribuição dos esforços sobre a linha é igualmente perturbada, podendo daí resultar, já um aceleramento do desgaste e do uso dos carris, já um esforçamento da pregação, altamente inconveniente para a boa estabilidade da via.

Por outro lado mostra a experiência que, numa linha férrea em serviço e constituída à maneira corrente, se nota a necessidade de periòdicamente se proceder a um reapêrto e reajustamento dos elementos de fixação dos carris às travessas, porquanto esses elementos vão cedendo aos impulsos resultantes dos movimentos tomados pelos carris sob a passagem das cargas.

Um carril possui comprimento apreciável e tem de repousar necessàriamente sobre um certo número de travessas colocadas a distância conveniente umas das outras. Mecânicamente temos uma barra comprida, dotada de certa deformabilidade assente sobre elevado número de apoios. Para efeito dos estudos de resistência da via, os carris são assemelhados a vigas contínuas, cujos apoios não podem, em rigor, ser considerados como rigorosamente fixos, mas devem admitir-se como elásticos, atendendo à flexibilidade das travessas e da camada de balastro. Sob a acção das cargas, estáticas e dinâmicas, a superestrutura da via deforma-se em conjunto. Importa aliás que assim seja, pois que, sendo as características elásticas dum todo complexo, como o da linha férrea, lògicamente diferentes das de cada um dos seus elementos constituintes — carris, travessas e balastro — considerados de per si, é de esperar que só a deformação harmónica do todo, possa conduzir à indispensável conservação perfeita da posição relativa desses elementos, tão conveniente à boa e segura circulação dos comboios. O que está então em causa são sobretudo as ligações carril-travessa. Os seus problemas, visando a garantia de condições de trabalho que lhes permitam desempenhar cabalmente a sua delicada missão, são hoje motivo de preocupação dominante para os técnicos das várias redes ferroviárias.

É que uma das manifestações mais inconvenientes das acções dinâmicas originadas pela circulação dos comboios é a do afrouxamento da pregação dos carris às travessas, comprometendo a boa função dos tirefonds. Outro aspecto é o do desapêrto dos parafusos das barretas nas juntas dos carris.

A via perde naturalmente resistência uma vez que essas ligações fundamentais se tornam precárias. No sentido transversal a quebra de resistência pode levar a consequências desastrosas.

([1]) Por exemplo no «Bulletin de l'Association Internationale du Congrés des Chemins de Fer» e na «Revue Générale des Chemins de Fer».

A homogeneidade da bitola não fica garantida e surge a possibilidade de fácil descarrilamento dos veículos, já em resultado de desgastes, mesmo que ligeiros, dos aros e dos carris para além do normal, já porque os veículos passam a inscrever-se defeituosamente sobre a linha. Isto, supondo-se evidentemente, que os carris, então mais ou menos soltos das travessas, e talvez mesmo até deficientemente ligados entre si, não originam graves acidentes por se afastarem pura e simplesmente sob a acção directa das cargas passando sobre eles. E essas cargas não têm, em geral, valores carecendo de importância!

A experiência dos caminhos de ferro franceses [1] justifica estes fenómenos naturais de afrouxamento, com o tempo e o tráfego, da ligação dos referidos elementos da via, como originando-se dinâmicamente nas vibrações de frequência muito elevada provocadas pela passagem dos comboios, sobretudo quando circulando a grandes velocidades.

De facto, o trabalho exigido à pregação da via é árduo e complexo. Os esforços que ela deve suportar são, para as elevadas cargas por eixo modernas e as altas velocidades de circulação, verdadeiramente notáveis e excedendo a nossa natural expectactiva.

Um carril funciona, como dissemos, pràticamente como uma viga contínua com os apoios solidários. Quando, sob a carga transmitida por um eixo, um carril flecte no intervalo de duas travessas, verifica-se, como é lógico, um pequeno levantamento da linha nos tramos contíguos antes da aproximação da carga, para em seguida descer ràpidamente sob esta, e levantar de novo após a sua passagem, só então recuperando o equilíbrio normal. Este movimento global propaga-se com o deslocar da carga, pondo à prova a elasticidade e resistência dos sucessivos apoios do carril, pois neles as reacções da pregação são no sentido de se oporem aos levantamentos que vimos de referir.

Para que a linha conserve as suas características geométricas e mecânicas que a creditem como uma boa via, é portanto indispensável que as ligações dos seus vários elementos, sobretudo as entre as travessas e os carris, e as destes entre si, possuam elasticidade suficiente para dinâmicamente suportarem os esforços desenvolvidos pelo material em marcha sem sofrerem deformações permanentes.

Preconiza-se hoje, para a realização deste desideratum, a utilização de pregações elásticas da via, que contribuam eficazmente para o amortecimento das vibrações dos carris, transmitindo-as no mínimo às travessas. É condição julgada indispensável contra o envelhecimento da via, e que aliás parece conforme com a Natureza. Sonneville [2] cita um exemplo concludente: quando seguramos com as mãos firmemente um objecto em vibração, essa firmeza resulta ùnicamente dum aperto elástico realizado pelos nossos músculos, que ao mesmo tempo amortecem as vibrações.

Todas as discontinuidades do caminho de rolamento são causa de perturbações da uniformidade de movimento do material, com o consequente originar de vibrações que afectam a via.

As juntas dos carris — consagradas para permitirem as convenientes variações de comprimento destes últimos sob os gradiantes de temperatura — oferecem neste campo natural e justificado interesse. Nas vias correntes são uma das maiores fontes de despesa em matéria de conservação, pois envelhecem com rapidez sob as pancadas suscitadas pela passagem dos veículos ao saltarem de um carril para outro.

O desenvolvimento das técnicas de soldadura do aço levaram a tentativas de soldadura dos carris nas juntas com o fim de reduzir o número destas. Hoje o emprego de longas barras de carris sucessivos soldados começa a generalizar-se, já que pareceu mais recomendável, sob o ponto de vista económico, enveredar em matéria de juntas, pela sua supressão até tão longe quanto for possível. Esta última reserva, levanta um problema ainda não definitivamente resolvido — o do comprimento máximo a dar a essas barras, para, sob as variações de temperatura, não se originarem internamente estados perigosos de tensão. Em França, por exemplo, soldam-se normalmente, 600 a 800 metros de via; na Alemanha, parece não se fixarem comprimentos máximos, e as extensões soldadas podem atingir vários quilómetros.

Este problema da soldadura dos carris encontra-se aliás ìntimamente ligado ao da pregação às

---

[1] R. Sonneville — «Contribution à la modernisation des voies ferrées» — Paris, 1951.

[2] Op. cit.

travessas. Não é naturalmente possível dar às juntas entre as barras soldadas a abertura que lhes corresponderia se todos os carris da barra se dilatassem e contraíssem livremente.

O conjunto não se comporta como somatório dos comportamentos individuais de cada um dos elementos supostos isolados. Parte das tensões de origem térmica tem de ser absorvida pela pregação, e isto traz novos aspectos delicados para o assentamento destas barras compridas de carris soldados. Mais um problema da via férrea.

A necessidade imperiosa e premente de conseguir em relação à linha o máximo da economia, tem levado os técnicos a considerar com o maior interesse todos os problemas que a ela respeitam. Procura-se tirar partido das características dos elementos que a formam, para realizar um todo harmonioso que assegure nas melhores condições o rolamento dos veículos, oferecendo-lhe a resistência e a flexibilidade requeridas. A preocupação fundamental é evitar tanto quanto possível as deformações permanentes, que não só são causa de incomodidade para a circulação, podendo inclusivé chegarem a ser perigosas para a segurança desta mas constituem também uma apreciável fonte de despesa com trabalhos de conservação e rectificação. Há que distinguir entre o envelhecimento da via e o dos elementos por que ela é formada. Ora o primeiro é incomparàvelmente mais rápido do que o destes últimos. Como é lógico incidem sobre ele especialmente as atenções dos especialistas.

Nos estudos da via moderna procura-se racionalizá-la ao máximo dando a cada elemento a forma, dimensões e constituição que melhor pareçam adaptar-se à função que tem a desempenhar. Isto implica necessàriamente o domínio das forças que sobre eles de facto actuam. Já anteriormente referíramos a importância do seu conhecimento.

Em relação à via férrea, põem-se afinal, e com actualidade, os seguintes problemas concretos e essenciais:

1.º — o do racional dimensionamento e constituição das travessas e carris, com vista à realização de uma via forte, para suportar as cargas elevadas transmitidas pelos rodados, e oferecer segurança e comodidade à prática de altas velocidades de marcha;

2.º — o da fixação dos carris às travessas de modo a estes dois elementos poderem formar um todo único resistente, como é indispensável para efeito das suas boas condições de trabalho;

3.º — o das juntas dos carris, a fim de se reduzirem ao mínimo as discontinuidades da superfície de rolamento, que são causa de choques que deterioram o material circulante e o material de via, independentemente de introduzirem perturbações no movimento de translação dos veículos;

4.º — o dos efeitos dos movimentos secundários tomados pelas locomotivas e veículos durante a marcha, efeitos tanto mais importantes quanto é certo que deles resultam desgastes especiais e apreciáveis dos carris, e esforços laterais sobre a via, com muito interesse no estudo dos modernos sistemas de pregação, todas estas acções traduzindo-se num envelhecimento precoce da linha.

Estes problemas não são totalmente independentes entre si, já que as causas que os originam — essencialmente as reacções da passagem do material rolante — também derivam de uma base comum — as características do material e as dos seus regimes de marcha.

O mecanismo da produção dos desgastes e deformações da linha atribuídos aos movimentos secundários oferece ainda — segundo se deduz da bibliografia vinda a público — dificuldades apreciáveis para o seu completo domínio analítico. Conhecem-se-lhes principalmente os indiscutíveis efeitos.

Nem todos os movimentos secundários a que nos referimos se processam, porém, no sentido transversal à via; os que actuam neste último sentido são, no entanto, os mais perigosos. Tal é, por exemplo, o caso do lacete.

Estes movimentos secundários, mais ou menos com carácter periódico, dão origem a vibrações que desorganizam dinâmicamente a pregação da linha.

Determinações e ensaios levados a cabo pelos caminhos de ferro franceses permitiram concluir que essas vibrações têm frequências muito elevadas, podendo as acelerações atingir valores da ordem de 100 vezes a aceleração da gravidade.

Robert Lévi, um dos técnicos da S. N. C. F. [1] que mais tem impulsionado os estudos teóricos e experimentais dos problemas da linha férrea moderna, no seu trabalho «Erreurs faciles et vérités paradoxales relatives au lacet» formula algumas conclusões, de facto um tanto paradoxais, se bem que interessantes.

Todos estes problemas das acções sobre a linha dos veículos em marcha se ligam com os da própria circulação do material sobre os carris.

A rigorosa continuidade geométrica da via, ao contrário do que possa parecer, não constitui, a partir de certo limite, um elemento de valor para a suavidade do rolamento. Por outro lado prova a experiência que os veículos não se adaptam exactamente à via, mas que existe uma tendência para a adaptação mútua da linha e do material, especialmente das locomotivas. Também não interessam vias muito rígidas. Acima de tudo há que aceitar como inevitáveis os movimentos transversais dos veiculos. Derivam em resumo do contacto roda-carril, que depende de múltiplas variáveis.

Dos movimentos secundários, além do lacete, importa destacar os de galope, cabeceio e balanceio. Interessa ver em que consistem e quais as acções que produzem.

«*O problema da realização de grandes velocidades*» — diz Corini — «*não é sobretudo nma questão de locomotiva com forma apropriada aos efeitos aerodinâmicos; é essencialmente uma questão de estabilidade e de conforto*».

Esta estabilidade e conforto respeitam em parte ao material móvel; interessam, porém, igual e não menos importantemente à via férrea. Material e via são complementares. Os problemas da linha férrea não podem por isso ser considerados abstraindo-se do movimento do material rolante.

---

[1] Société Nationale des Chemins de Fer Français.

(Continua)

C. D. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.) preparadas nos Serviços do R. N. C. a cargo da Companhia Nacional de Electricidade —

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91,4 % dos totais do País.*

MAIO

I — Elementos gerais

a) Mensais (mês de Maio) 10^6 kWh

	1954	1955	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	123,5 (2)	145,7 (4)	+ 18
Produção térmica (P_t) . .	4,9 (3)	1,3 (5)	— 73
Produção total (P_T) . . .	128,4	147,0	+ 14
Cons. electroquímico (C_{eq})	30,1	36,9	+ 23
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	81,9	92,8	+ 13
Consumo total (C_T) (1) . .	112,0	129,7	+ 16

b) Acumulados (de 1 de Janeiro a 31 de Maio) 10^6 kWh

	1954	1955	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	637,7 (6)	707,0 (8)	+ 11
Produção térmica (P_t) . .	19,6 (7)	21,7 (9)	+ 11
Produção total (P_T) . . .	657,3	728,7	+ 10
Cons. electroquímico (C_{eq})	136,9	170,8	+ 25
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	433,7	470,8 (10)	+ 9
Consumo total (C_T) (1) . .	570,6	641,6	+ 12

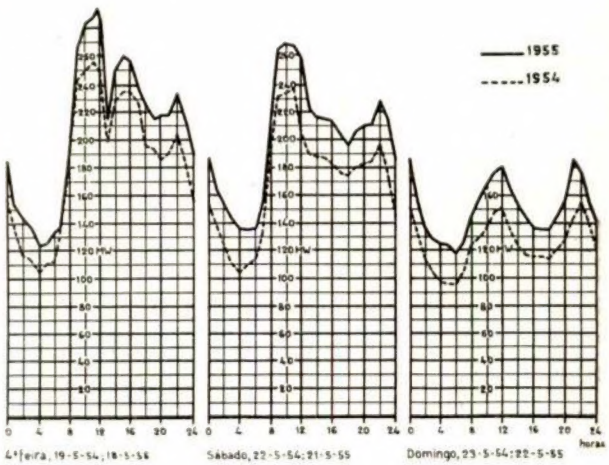
Notas:

(1) No consumo total (C_T) estão incluídas as perdas nas redes de transporte e distribuição.

(2) 96 % PT. (3) 4 % PT. (4) 99 % PT. (5) 1 % PT.
(6) 97 % PT. (7) 3 % PT. (8) 97 % PT. (9) 3 % PT.
(10) Obtido depois de corrigido o valor acumulado do mês anterior.

II — Diagramas de carga da produção

	4.ª feira: 19-5-954	4.ª feira: 18-5-955
Produção hidráulica (P_h) — MWh	4326	5132
Produção térmica (P_t) — MWh . .	157	50
Produção total (P_T) — MWh . . .	4483	5182
Utilização da ponta (U) — horas	17,3	17,7
Factor de carga (α)	0,72	0,74
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,41	0,42



III — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês de Meio de 1955

Albufeira	Energia armazenada 10^6 kWh	Energia armazenada % (1)
Venda Nova	94,6	72,1
Salamonde	21,7	77,6
Caniçada	28,6	85,4
Guilhofrei	6,1	74,0
Lagoa Comprida	26,3	89,0
Santa Luzia	30,0	88,4
Cabril	213,2	83,9
Castelo do Bode	151,5	92,3
Pracana	7,6	73,2
Póvoa	11,1	97,7
Total	600,3	83,5

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

Qual é o óleo melhor e mais económico?

BP ENERGOL por ser 5 vezes refinado!

Reduz a corrosão e evita a colagem das válvulas e dos segmentos.
Facilita o arranque em frio.
Diminui a carbonização.

AS RAZÕES ESTÃO À VISTA

1 SELECÇÃO DE FRACÇÕES

Apenas 5°/₀ da matéria prima é aproveitada para BP ENERGOL que é obtido em colunas de vácuo.

2 ELIMINAÇÃO DE ASFALTOS

O produto impuro do primeiro tratamento é refinado pela propana que lhe retira todo o asfalto, permitindo uma untuosidade excepcional.

3 ESTABILIZAÇÃO

Uma terceira operação com dissolventes selectivos, conduz à eliminação das substâncias que causariam deposição de vernizes e gomas nas válvulas, nos embolos e nos segmentos.

4 DESPARAFINAÇÃO

Para assegurar um rápido caudal a baixas temperaturas, o BP ENERGOL é arrefecido e filtrado. Foi a vez de a inconveniente parafina lhe ser extraída.

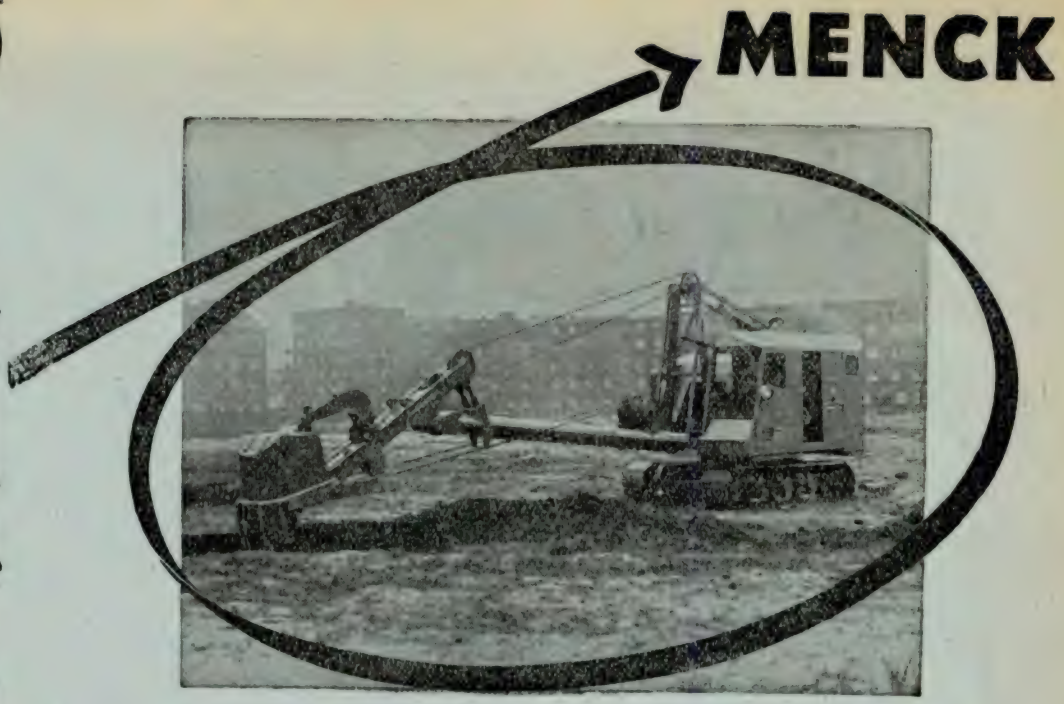
5 TRATAMENTO POR TERRAS ACTIVAS

Nesta fase final o óleo é aquecido a altas temperaturas, e os produtos com maior tendência à carbonização são obsorvidos. Agora, é só corrigir as viscosidades, e juntar-lhe os aditivos.

5 vezes refinado, significa que o BP ENERGOL é o melhor lubrificante que a ciência pode produzir.

BP ENERGOL o óleo que é 5 VEZES REFINADO

COMPANHIA PORTUGUESA DOS PETRÓLEOS BP



ESCAVADORA UNIVERSAL MENCK

Modelo M-60

Escavando abaixo de nível

Representantes em Portugal:

Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, L.da
PORTO — Praça da Liberdade, 114

Eng.º J. E. Michaëlis de Vasconcellos
LISBOA — R. Fialho de Almeida, 1

ROLAMENTOS
CHUMACEIRAS

LISBOA PRAÇA DA ALEGRIA 66-A Telef. 33995 - 34223
PORTO AV. DOS ALIADOS 150—152 Telef. 29776 - 29777

C. D. 621.515.5:621.436.13.001.2

Sobre o projecto de um grupo turbo-compressor de sobrealimentação para um motor Diesel a dois tempos

Estudo efectuado na Sala de Construção de Motores do I. S. T. por

ADELINO JOSÉ RODRIGUES SOARES DE MELLO
FERNANDO ALBERTO CARNEIRO MARQUES DE OLIVEIRA
JOSÉ CARLOS PINTO SOROMENHO VIANA BAPTISTA
(do Curso de Engenharia Mecânica)

O presente trabalho representa uma tentativa feita por alunos do 6.º ano de máquinas para a resolução do problema da sobrealimentação de motores Diesel de dois tempos.

Ao passo que já se realizaram na sala de construção de motores numerosos estudos de sobrealimentação de motores de quatro tempos, é a primeira vez que este estudo se fez para um motor de dois tempos. Sabe-se que este problema é de actualidade e que diferentes soluções foram preconizadas até hoje. No caso que segue trata-se de uma delas que foi estudada de mais perto.

Um estudo deste género requere o trabalho por equipes. Um primeiro grupo de alunos ficou incumbido do estudo da parte motor, um outro grupo da parte turbo-compressor.

É esta última parte que faz o objecto da presente publicação. Trata-se, evidentemente, só dum primeiro ensaio. Este estudo deverá ser aprofundado e completado em diferentes orientações no decorrer de estudos ulteriores.

Deve-se encorajar a execução de trabalhos desta natureza que mantêm a sala de construção de motores ao corrente dos progressos mais recentes.

DR. ABRAM DROZ
Professor das cadeiras de Motores de Combustão Interna, Turbinas de Vapor e de Gás

I — CÁLCULO ENERGÉTICO DO MOTOR

Cálculo das dimensões, consumos de combustível e de ar comburente e da energia contida nos gases de escape dum motor Diesel a 2 tempos, sobrealimentado a 1,350 kg/cm² com a potência efectiva de 1500 CV e girando a 300 r. p. m.

A — Cálculo das dimensões

Arbitramos a relação curso/diâmetro dos cilindros

$$\frac{S}{D} = \frac{5}{3}$$

Arbitramos também uma potência de 250 CV por cilindro o que nos conduz a um motor de 6 cilindros.

Finalmente, arbitramos, por comparação com os valores de outros motores a 2 tempos sobrealimentados, uma pressão média efectiva de 8,5 kg/cm².

Este valor será confirmado mais tarde.

Estes arbítrios conduzem-nos às dimensões dadas pela expressão

$$N_e = p_{me}\, S\, \frac{\pi D^2}{4}\, \frac{n}{60 \times 75}$$

$$250 = 8{,}5 \times \frac{5}{3} \times \frac{D}{100} \times \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{300}{60 \times 75}$$

$$D^3 = 33.700 \qquad \text{donde} \qquad D = 32{,}3 \text{ cm}$$

$$\text{e} \quad S = 53{,}8 \text{ cm}$$

Tomamos então, por excesso, os seguintes valores:

$$D = 330 \text{ mm}$$
$$S = 550 \text{ mm}$$

B — Cálculo do ar necessário

1 — *Composição do combustível*

Admitimos que o motor é alimentado com um gasóil cuja composição é a que segue:

$$C = 0{,}859 \text{ kg/kg comb.}$$
$$H^2 = 0{,}126 \text{ kg/kg comb.}$$
$$N = 0{,}007 \text{ kg/kg comb.}$$
$$S = 0{,}005 \text{ kg/kg comb.}$$
$$OH^2 = 0{,}003 \text{ kg/kg comb.}$$

2 — *Ar necessário à combustão dos componentes*

a) *Carbono*

$$\underset{12}{C} + \underset{32}{O^2} + \underset{106{,}4}{3{,}8\ N^2} \rightarrow CO^2 + 3{,}8\ N^2$$

Cada quilo de carbono necessita de

$$12 \text{ ——— } 138{,}4$$
$$1 \text{ ——— } q_c$$

$$q_c = \frac{138{,}4}{12} = 11{,}53 \text{ kg de ar}$$

b) *Hidrogénio*

$$\underset{4}{2H^2} + \underset{32}{O^2} + \underset{106{,}4}{3{,}8\,N^2} \rightarrow 2\,OH^2 + 3{,}8\,N^2$$

Cada quilo de hidrogénio necessita de

$$4 \text{ ——— } 138{,}4$$
$$1 \text{ ——— } q_H$$

$$q_H = \frac{138{,}4}{4} = 34{,}6 \text{ kg de ar}$$

c) *Enxofre*

$$\underset{32}{S} + \underset{32}{O^2} + \underset{106{,}4}{3{,}8\,N^2} \rightarrow SO^2 + 3{,}8\,N^2$$

Cada quilo de enxofre necessita de

$$32 \text{ ——— } 138{,}4$$
$$1 \text{ ——— } q_S$$

$$q_S = \frac{138{,}4}{32} = 4{,}32 \text{ kg de ar}$$

3 — *Cálculo do poder calorífico do combustível e do ar teórico de combustão*

Façamos sintèticamente este cálculo por meio do quadro seguinte:

Das equações da termoquímica tirariamos os valores constantos da coluna n.º 5:

Elementos	Peso/kg	Ar/kg	Ar teórico	Poder calorífico	Calorias na combustão
C	0,859	11,53	9,95	8.050	6.910
H^2	0,126	34,6	4,36	29.000	3.650
N	0,007	–	–	–	–
S	0,005	4,32	0,00216	2.500	12
OH^2	0,003	–	–	–	–
	0,999		Σ = 14,3316		Σ = 10.572 Calorias

Para obtermos o poder calorífico inferior devemos entrar com o calor de vaporização da água que é de 637 Cal.

$$637 \times 0{,}003 = 1{,}91 \text{ Cal. — despresível}$$

Verifica-se, porém, em laboratório que um combustível com esta composição tem

$$P_c = 10.100 \text{ Cal/kg}$$

O ar teórico necessário à combustão é de

14,33 kg de ar por kg de combustível

4 — *Ar real*

a) *Ar de combustão*

Supondo que o motor tem um consumo específico de 170 g/CVh o ar teórico necessário por hora para o motor seria

$$0{,}170 \times 14{,}33 \times 1500 = 3630 \text{ kg/h}$$

b) *Excesso de ar*

Geralmente, nos motores Diesel, usa-se um excesso de ar tal que a relação, em peso, entre o comburente e o combustível esteja compreendida entre 22,5 a 30.

Devido ao facto de este motor ter uma lavagem quase perfeita, não só por ser sobrealimen-

tado como ainda por existir uma segunda lavagem que lança ar dentro do cilindro mesmo depois de findo o escape, tomamos 25,5 para a relação ar/combustível.

Logo, o excesso de ar é de

$$\frac{25,5}{14,33} = 1,78$$

Tomamos 1,8.

Logo, o ar de combustão é de

$$1,8 \times 3630 = 6525 \text{ kg/h}$$

O que nos dá um consumo de ar de

$$\frac{6525}{0,170 \times 1500} = 25,6 \text{ kg/kg de combustível}$$

c) *Ar de lavagem*

A cilindrada do motor é de

$$V_c = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times 6 \qquad \begin{array}{l} D = 330 \text{ mm} \\ S = 550 \text{ mm} \end{array}$$

donde

$$V_c = 47 \text{ dcm}^3$$

Admitindo para ar de lavagem 0,333 deste volume temos

$$V_c = 0,333 \times 47 = 15,8 \text{ litro}$$

Como este volume de ar se encontra à pressão de 1,35 kg/cm² temos que determinar o seu peso específico supondo tratar-se de uma compressão adiabática

$$p_{atm} \left(\frac{1}{\gamma}\right)^K = p' \left(\frac{1}{\gamma'}\right)^K$$

Como

$$\begin{array}{ll} p_{atm} & = 1,033 \text{ kg/cm}^2 \\ K & = 1,41 \\ \gamma & = 1,293 \text{ kg/m}^3 \\ p' & = 1,35 \text{ kg/cm}^2 \\ R & = 29,23 \text{ kgm/kg °C} \\ T_{atm} & = 288° \text{ K} \end{array}$$

vem

$$\gamma' = 1,5 \text{ kg/m}^3$$

Logo, o peso do ar de lavagem por cilindro e por ciclo é de

$$Q_c = 15,8 \times 1,5 = 23,7 \text{ gr.}$$

O peso por hora e para todo o motor será naturalmente

$$Q_c = 0,0237 \times 6 \times 300 \times 60 = 2560 \text{ kg/h}$$

d) *Peso total de ar*

Podemos concluir que o peso total de ar gasto por hora no motor é de

$$P = 6525 + 2560 = 9085 \text{ kg/h}$$

o que corresponde, à pressão atmosférica, a

$$V = \frac{9085}{1,225} = 7400 \text{ m}^3/\text{h}$$

Em resumo:

$$\begin{array}{l} P_{ar} = 9085 \text{ kg/h} \\ V \ = 7400 \text{ m}^3/\text{h} \end{array}$$

5 — *Verificação da pressão média efectiva*

a) *Fundamento de verificação*

Seja:

m o consumo do combustível por CVh

V o volume de ar real que se utiliza para cada quilo de combustível.

N_e a potência efectiva.

O ar utilizado será:

1) $$m \, V \, N_e$$

temos que

$$m = \frac{A_{cv}}{\eta_e \times P_c}$$

em que A_{cv} é o equivalente calorífico do CVh ($A_{cv} = 632,3$), η_e o rendimento global do motor e P_c o poder calorífico do combustível.

Por cada rotação o êmbolo aspira um volume de ar

$$\alpha \times \frac{\pi D^2}{4} \times S$$

em que α é um coeficiente de aproveitamento

$$(\alpha \simeq 0,90)$$

Numa hora teremos

2) $$\alpha \times \frac{\pi D^2}{4} \times S \times n \times 60 \times \frac{1}{10^4}$$

$$\left(\text{teríamos } \frac{n}{2} \text{ no motor a 4 tempos}\right)$$

Sendo N_e a potência efectiva de cada cilindro temos que serão iguais as quantidades 1) e 2)

multiplicadas pelos pesos específicos do ar γ e γ_1, respectivamente a PTN e à pressão de sobrealimentação.

Logo

$$\frac{632{,}3}{\eta_e \times P_c} \times \gamma \times V \times N_e = \alpha \frac{\pi D^2}{4} \times$$

$$\times S \times \gamma_1 \times n \times 60 \times \frac{1}{10^4}$$

Donde tiramos o valor constante

$$3) \qquad \frac{1}{10^4} \frac{\pi D^2}{4} \times S \times n =$$

$$= \frac{632{,}3 \times \gamma \times V \times N_e}{\eta_e \times \alpha \times 60 \times \gamma_1 \times P_c}$$

(esta expressão só é válida para o motor a 2 tempos).

Por outro lado a expressão da potência efectiva é dada em função da pressão média efectiva por

$$N_e = \frac{\frac{\pi D^2}{4} \times S \times p_{me} \times n}{60 \times 75}$$

Substituindo este valor em 3) temos

$$p_{me} = \frac{60 \times 60 \times 75 \times \eta_e \times \alpha \times \gamma_1 \times P_c}{10^4 \times 632{,}3 \times \gamma \times V}$$

ou simplificando

$$4) \qquad P_{me} = 0{,}0427 \frac{\eta_e \times \alpha \times \gamma_1 \times P_c}{\gamma \times V}$$

As expressões 3) e 4) permitem-nos calcular as dimensões e a pressão média efectiva dum motor, conhecida a sua potência, rendimento mecânico global e consumo de ar.

b) *Aplicação ao caso presente*

Tomemos aproximadamente

$$P_c = 10.000 \text{ Cal/kg}$$

Admitamos num consumo específico de

$$C_e = 170 \text{ g/CVh}$$

Cálculo de η_e

$$\eta_e = \frac{632{,}3}{C_e \times P_e}$$

$$\eta_e = \frac{632{,}3}{0{,}170 \times 10.000} = 0{,}372$$

Cálculo de γ_1

Ver-se-á no cálculo do compressor que o peso específico do ar à entrada do motor é

$$\gamma_1 = 1{,}5 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo de p_{me}

O volume de ar considerado é o volume de ar teórico necessário à queima de 1 kg de combustível mais o excesso de ar, isto é, sem considerar o ar de lavagem.

V é então:

$$V = \frac{25{,}6}{1{,}293} = 19{,}8 \text{ m}^3\text{/kg}$$

Logo

$$p_{me} = 0{,}0427 \frac{0{,}372 \times 0{,}90 \times 1{,}5 \times 10000}{1{,}293 \times 19{,}8} =$$

$$= 8{,}37 \text{ kg/cm}^2$$

Pressão média efectiva calculada

$$P_{me} = 8{,}37 \text{ kg/cm}^2$$

Potência real desenvolvida pelo motor

$$N_e = \frac{\frac{\pi C^2}{4} \times S \times p_{me} \times n}{60 \times 75}$$

$$\frac{85{,}5 \times \frac{55}{100} \times 8{,}37 \times 300}{60 \times 75} = 262 \text{ CV}$$

Tendo 262 CV por cilindro o motor desenvolverá a potência total de

$$N_e = 1572 \text{ CV}$$

C — Características dos gases de escape

1 — *Composição dos gases de escape*

$$C + O^2 + 3{,}8\,N^2 \rightarrow CO^2 + 3{,}8\,N^2$$

Quantidade de CO^2 produzida por 1 g de C

$$\frac{44}{12} = 3{,}66 \text{ g de } CO^2$$

$$2\,H^2 + O^2 + 3{,}8\,N^2 \rightarrow 2\,OH^2 + 3{,}8\,N^2$$

Quantidade de OH^2 produzida por 1 g de H^2

$$\frac{36}{4} = 9 \text{ g}$$

$$S + O^2 + 3{,}8\,N^2 \rightarrow SO^2 + 3{,}8\,N^2$$

Quantidade de SO^2 produzida por 1 g de S

$$\frac{32}{32} = 1 \text{ g}$$

Podemos construir o seguinte quadro:

Elementos	Peso/kg. comb.	Gás produzido	Peso gás/kg. elem.	Peso gás/kg. comb.
C	0,859	CO^2	3,66	3,14
H^2	0,126	OH^2	9	0,134
N	0,007	N	1	0,007
S	0,005	SO^2	2	0,01
OH^2	0,003	OH^2	1	0,003
Ar	25,6	N	0,79	20,2
Ar	25,6	O	0,21 × 0,40	2,160
				$\Sigma P = 26{,}554$

Peso total dos gases de escape por kg de combustível.

$$P = 26{,}654 \text{ kg/kg comb.}$$

2 — *Calores específicos C_v e C_p do gás de escape em função da temperatura*

a) *Cálculo de b*

Como se sabe, o calor específico dum gás é dado por uma equação da forma

$$m\,C_v = a + bT$$

sendo *a* constante para todos os gases e igual a

$$a = 4{,}67$$

b depende na natureza do gás
m peso molecular do gás

Numa mistura de gases o valor de *b* é dado pela expressão

$$b = \frac{b_1 n_1 + b_2 n_2 + \ldots\ldots}{n_1 + n_2 + \ldots\ldots}$$

Sendo *n* o número de moléculas do gás respectivo existentes na mistura e *m* o seu peso molecular.

Podemos então determinar *b* para a mistura de gases de escape a partir do quadro seguinte:

Elementos	P Peso/kg. comb.	m Peso molecular	$n = \frac{P}{m}$ N.º de moléculas	b	1000 bn
CO^2	3,14	44	0,0714	0,0044	0,314
N^2	20,207	28	0,722	0,001	0,722
SO^2	0,01	64	0,000156	0,001	0,000156
OH^2	1,137	18	0,063	0,0029	0,1830
O^2	2,160	32	0,0675	0,001	0,0675
	26,654		0,923956		1,286656

O peso molecular da mistura é dado por

$$m = \frac{\Sigma P}{\Sigma n} = \frac{26{,}654}{0{,}923956} = 28{,}6$$

O coeficiente *b* da fórmula do calor específico é, para uma mistura, dado por

$$b = \frac{\Sigma b\,n}{\Sigma n} = \frac{1{,}286656}{0{,}923956 \times 1000}$$

$$b = 0{,}001394$$

b) *Determinação da constante R da mistura*

Elementos	m	γ	R	n	nR
CO^2	44	1,965	19,3	0,0714	1,375
N^2	28	1,25	30,3	0,422	21,85
SO^2	64	2,86	13,24	0,000156	0,0002
OH^2	18	0,804	47,1	0,063	2,965
O^2	32	1,43	26,5	0,0675	1,975
				0,923956	27,9652

$$R_m = \frac{\Sigma\,n\,R}{\Sigma\,n}$$

$$\Sigma\,n\,R = 27{,}9652$$

$$R_m = \frac{27{,}9652}{0{,}923956} = 32{,}5$$

Podemos fazer uma confirmação deste valor determinando γ da mistura nas condições PTN

$$\gamma = \frac{P_o}{RT_o} = \frac{10,333}{32,5 \times 273} = 1,167 \text{ kg/m}^3$$

Por outro lado

$$m = 28,6$$

$$\gamma = \frac{m}{22,4} = \frac{28,6}{22,4} = 1,17 \text{ kg/m}^3$$

o que confirma, aproximadamente, o valor obtido para R_m

c) *Cálculo de C_v e C_p*

$$C_p = C_v + AR_m$$

$a = 4,67$ $\qquad AR_m = 1,98$

$b = 0,001394$

$m = 28,6$

Logo

$$C_v = \frac{4,67}{28,6} + \frac{0,001394}{28,6} T$$

$$C_v = 0,163 + 0,0000487 T$$

Mas

$$\frac{AR_m}{m} = \frac{1,98}{28,6} = 0,0694$$

Donde

$$C_p = 0,2324 + 0,0000487 T$$

Temos então

$$C_v = 0,163 + 0,0000487 T$$

$$C_p = 0,2324 + 0,0000487 T$$

3 — *Energia remanescente dos gases de escape*

Para determinar a energia remanescente dos gases de escape podemos servir-nos da equação

$$W_{comb} + W_{ar} - \tau_i = W_{gás}$$

em que

W_{comb} — é a energia cedida ao motor pelo combustível

W_{ar} — é a energia cedida ao motor pelo ar admitido (não entra nesta parcela o ar de lavagem que não se conserva no cilindro)

τ_i — é o trabalho indicado do motor, isto é, o trabalho realmente realizado pelos gases sobre o êmbolo incluindo todas as perdas por atrito, refrigeração, etc.

$W_{gás}$ — é a energia remanescente dos gases de escape.

a) *Energia do ar*

Como se verá no cálculo do compressor, o ar admitido pelos cilindros tem as seguintes características :

$$T = 308°K$$
$$p = 1,35 \text{ kg/cm}^2$$
$$\gamma = 1,5 \text{ kg/cm}^3$$
$$V_S = 56,4 \text{ m/seg}$$

Termo da entalpia

$$i = \int_o^T C_p \, dT$$

$$C_p = 0,229 + 0,0000345 T$$

$$i = \int_o^T C_p \, dT = 0,229 T + 0,00001725 T^2$$

$$i_{308} = 0,229 \times 308 + 0,00001725 \times 308^2$$
$$= 70,2 + 1,64 = 71,84 \text{ Cal/kg}$$

Termo da energia cinética

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{56,4^2}{2 \times 9,8} = 162,5 \text{ Kgm/kg}$$

A energia total dum quilo de ar será

$$W = i E + \frac{V^2}{2g}$$

$$= 30700 + 162,5 = 30862,5 \text{ Kgm/seg}$$

Para o ar total admitido durante uma hora (não contando o de lavagem)

$$Q_m = 6525 \text{ kg/h}$$

$$W_{ar} = 30862,5 \times 6525 = 201.800.000 \text{ kgm/h}$$

Arbitremos para percentagem de perdas na conduta, por quedas de pressão e movimentos ondulatórios, 5 %. Teremos, para energia entrada no cilindro

$$W_{ar} = 191.200.000 \text{ kgm/h}$$

b) *Energia química do combustível*

P_c do combustível

$$P_c = 10.100 \text{ Cal/kg}$$

Consumo específico do motor

$$C_e = 0{,}170 \text{ gr/CVh}$$

$$W_{comb} = C_e \times P_c \times N_e = 0{,}170 \times 10.100 \times 1572$$
$$= 1.152.000.000 \text{ kgm/h}$$

$$W_{comb} = 1.152.000.000 \text{ kgm/h}$$

c) *Trabalho indicado do motor*

Se admitirmos que o motor tem um rendimento mecânico de 75 % podemos conhecer o trabalho indicado

$$N_i = \frac{N_{ef}}{0{,}75}$$

$$N_{ef} = 1572 \text{ CV}$$

$$N_i = \frac{1572}{0{,}75} = 2100 \text{ CV}$$

Donde

$$\tau_i = 2100 \times 3600 \times 75 = 566.000.000 \text{ kgm/h}$$

d) *Energia remanescente dos gases de escape*

$$W_{comb} + W_{ar} - \tau_i = W_{gás}$$
$$W_{gás} = (1152 + 191{,}2 - 566) \times 10^6 =$$
$$= 777.200.000 \text{ kgm/h}$$
$$W_{gás} = 777.200.000 \text{ kgm/h}$$

e) *Energia por quilo de gases*

Caudal mássico

$$Q_m = 26{,}654 \text{ kg/kg. comb.} \times C_e \times N_e =$$
$$= 26{,}654 \times 0{,}170 \times 1572 = 7080 \text{ kg/h}$$

$$W_{gás} = \frac{777.200.000}{7080} = 109.900 \text{ kgm/kg}$$

$$W_{gás} = 109.900 \text{ kgm/kg}$$

4 — *Cálculo da temperatura dos gases*

1.ª Tentativa

a) *Termo da entalpia*

$$i = E \int_c^T C_p \, dT$$

ensaiando com $T = 900^oK$

$$i = \left(0{,}2324\ T + 0{,}0000487 \times \frac{1}{2} T^2\right) \times 427$$
$$= 88500 + 8410 = 96910 \text{ kgm/kg}$$

b) *Termo da velocidade*

$$T = 900^oK$$
$$\gamma = \frac{P}{RT}$$

Admitimos para pressão média dos gases de escape a dada pela seguinte estimativa :

Pressão no final da expansão 3 kg/cm².

Assimilando a área de lavagem a um triângulo, a pressão média absoluta será

$$P = 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma = \frac{20.000}{32{,}5 \times 900} = 0{,}684 \text{ kg/m}^3$$

A secção total das tubagens de escape é de

$$D = 147{,}5 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \times 6$$

$$A = 171 \times 6 = 1025 \text{ cm}^2$$

$$Q_{V_h} = \frac{Q_m}{\gamma} = \frac{7080}{0{,}684} = 10380 \text{ m}^3\text{/h}$$

$$Q_V = \frac{10380}{3600} = 2{,}88 \text{ m}^3\text{/h}$$

Temos, portanto, uma velocidade média de

$$V = \frac{2{,}88}{0{,}1025} = 28{,}1 \text{ m/seg}$$

A energia cinética será então

$$\frac{V^2}{2g} = 40{,}4 \text{ kgm/seg}$$

c) *Energia total*

$$W_{gás} = 96950{,}4 \text{ kgm/seg}$$

que não coincide com a calculada anteriormente.

2.ª *Tentativa.*

a) *Termo da entalpia*

Ensaiando com $T = 1000^{\circ}$ K

$$i = E \int_{o}^{T} C_p \, dT$$

$$i = 427 \left(0{,}2324 \ T + 0{,}0000487 \times \frac{1}{2} \ T^2 \right)$$

$$= 99500 + 10400 = 109.900 \text{ kgm/kg}$$

b) *Termo de velocidade*

$$\gamma = \frac{20000}{32{,}5 \times 1000} = 0{,}615$$

$$Q_{V_h} = \frac{7080}{0{,}615} = 12650 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_V = \frac{12650}{3600} = 35{,}2 \text{ m}^3/\text{seg}$$

A energia cinética será agora

$$\frac{V^2}{2_g} = 63{,}2 \text{ kgm/seg}$$

c) *Energia total*

$$W_{gás} = 109.963{,}2 \text{ kgm/kg}$$

Valor pràticamente igual ao calculado anteriormente.

Podemos então afirmar que a temperatura dos gases de escape à entrada das respectivas condutas é de

$$T = 1000^{\circ}\text{K} \qquad \text{ou} \qquad t = 727^{\circ}\text{C}$$

5 — *Cálculo de quantidade de água de refrigeração utilizada no sistema de escape*

a) *Temperaturas da água e dos gases*

Uma vez que a temperatura dos gases de escape é elevada demais, para que possam ser introduzidas na turbina, há que arrefecê-los.

Vai, agora, calcular-se a quantidade de água necessária para a sua refrigeração.

Tem-se verificado, recentemente, que é muito conveniente não fazer a entrada de água a temperaturas baixas, causa comprovada de um maior desgaste. Utilizam-se, por isso, temperaturas de entrada de água de cerca de 40°C.

Arbitremos então as seguintes temperaturas:

Água

Entrada . . . . . $t_1 = 40^{\circ}$

Saída . . . . . $t_2 = 80^{\circ}$

Gases

Entrada (já calculada) $t_e = 727^{\circ}\text{C}$

Saída . . . . . $t_s = 430^{\circ}\text{C}$

Arbitramos a temperatura de saída dos gases (ou de entrada na turbina) de 430° por ser próxima da recomendada pela casa Brown Boveri.

b) *Calorias perdidas pelos gases*

O processo da perda de calor nas tubagens pode considerar-se como sendo a pressão constante.

Nestas condições a quantidade de calor perdida é dada por

$$Q = \int_{Te}^{Ts} C_p \, dT \qquad T_s = 703^{\circ}\text{K} \quad T_e = 1000^{\circ}\text{K}$$

$$= 0{,}2324 \, [T_s - T_e] + \frac{1}{2} \times 0{,}0000487 \, [T_s^{\,2} - T_e^2]$$

$$= 0{,}2324 \, [1000 - 703] + 0{,}00002435 \times 505.000$$

$$= 69 + 12{,}3 = 81{,}3 \text{ Cal/kg}$$

Tendo que arrefecer, por hora, 7080 kg temos a quantidade total de calorias a retirar dos gases

$$Q = 7080 \times 81{,}3 = 574.000 \text{ Cal}$$

c) *Caudal de água*

A quantidade de água necessária para eliminar Q é dada por

$$Q = P_{água} \times 1 \times (t_2 - t_1)$$

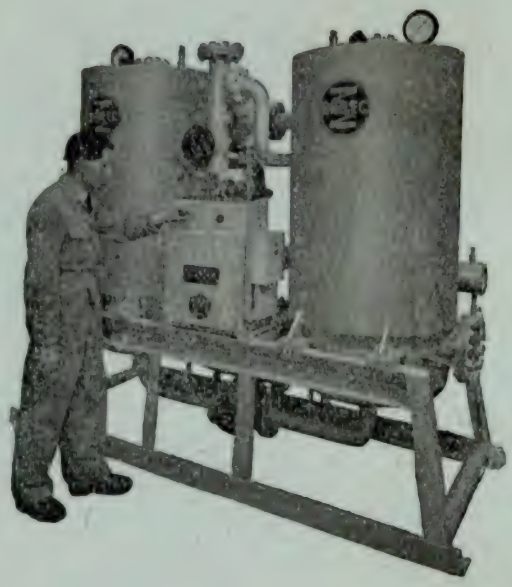
BATERIAS

PORTUGAL

PILHAS SECAS

• A MARCA MAIS ANTIGA •
• A MELHOR QUALIDADE •
• O MENOR CUSTO •

LECTRODRYERS-BIRLEC



... os exsicadores mais eficientes e económicos que se fabricam para usos industriais. Os seus vários modelos foram estudados especialmente para a extracção de vapor de água do ar e outros gases, assim como de certos líquidos orgânicos. Esta operação é realizada sem a utilização de produtos corrosivos ou dispendiosos, e, sem quaisquer mecanismos que necessitem de assistência e manutenção. A única despesa de funcionamento resume-se na corrente eléctrica ou vapor necessários para a reactivação do material absorvente.

BIRLEC **LIMITED**

BIRMINGHAM — Inglaterra

●

Peça detalhes aos Representantes:

AHLERS, LINDLEY, L.DA

Rua Ferregial de Baixo, 33-2.º
LISBOA
Telef. 21321/4

Palácio do Atlântico, 408
Praça D. João I
PORTO — Telef. 28384

ou seja

$$P_{água} = \frac{505.000}{(80-40)} = 12.600 \text{ kg/h}$$

ou um caudal por segundo de

$$Q_{água} = \frac{12.600}{3.600} = 3{,}5 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Temos então

$$P_{água} = 12.600 \text{ kg/h}$$
$$Q_{água} = 3{,}5 \text{ m}^3/\text{seg}$$

d) *Velocidade da água*

A secção de passagem da água nas condutas envolventes dos tubos de escape é de

$$S = 6 \times \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} = 870 \text{ cm}^2$$

$$d = 16 \text{ cm}$$
$$D = 21 \text{ cm}$$

Teremos, então, para velocidade da água

$$V = \frac{3{,}5}{0{,}0870} = 40 \text{ m/seg}$$

Valor um pouco elevado mas aceitável.

D — Resumo das características do motor

Motor	—
Ciclo	2 tempos, simples efeito, sobrealimentado
Injecção de combustível	Mecânica
Número de cilindros	6
Potência efectiva	1572 CV
Potência por cilindro	262 CV
Velocidade de regime	300 r. p. m.
Pressão média efectiva	8,37 kg/cm² abs.
Pressão de sobrealimentação	1,350 kg/cm² abs.
Diâmetro dos cilindros	330 mm
Curso dos êmbolos	550 mm
Consumo de combustível (previsto)	170 gr/CVh
Consumo de ar	25,6 kg/kg comb. ou 9085 kg/h
Poder calorífico de combustível	10100 Cal/kg
Peso dos gases de escape (não considerado o ar de lavagem na mistura)	26,654 kg/kg comb ou 7080 kg/h
Temperatura dos gases de escape:	
à saída dos cilindros	≈ 730°C
à entrada da turbina	≈ 430°C
Temperatura da água de refrigeração:	
à entrada	≈ 40°C
à saída	≈ 80°C
Quantidade de água de refrigeração	3,5 m³/seg ou 12.600 kg/h

(Continua)

DO MUNDO TÉCNICO

REVISTA DAS REVISTAS

C. D. 534.1.013:621.436:629.12.037.4:629.12.037.1

Cálculo das vibrações de torção tendo em consideração a massa e o amortecimento das ligações elásticas

Pelo Dr. Yian-Nian Chen

(Revista Técnica Sulzer, N.º 3)

Em certos sistemas mecânicos sujeitos a vibrações de torção, as ligações elásticas provêm de veios relativamente compridos, e é impossível desprezar-lhes a massa e o amortecimento que dela advém. Tal é particularmente o caso nas instalações motoras dos barcos que possuem uma máquina de êmbolos, na maioria das vezes um motor Diesel, ligada à hélice por um veio intermediário de comprimento considerável. O presente trabalho tem por objectivo mostrar como tais problemas podem ser resolvidos.

Quando um sistema vibrante é abalado por uma força periódica exterior, as vibrações resultantes só se propagam, a partir do ponto de aplicação da força, com determinada velocidade por todo o sistema. O seu modo de propagação é da mesma natureza que o das ondas. Só nos casos particulares em que a massa e o amortecimento das ligações elásticas são desprezados, as vibrações podem ser representadas por simples movimentos harmónicos, porque a velocidade de propagação se torna então infinita. O estudo dos outros casos deve recorrer à teoria da propagação das ondas.

1. *Vibrações de torção no veio intermediário*

O veio intermediário considerado possui uma secção constante em todo o seu comprimento. No sistema representado pela fig. 1, os símbolos têm a significação seguinte:

Θ_1, R_1 : Momento de inércia e coeficiente de amortecimento do motor

Θ_0, R_0 : Momento de inércia e coeficiente de amortecimento da hélice

θ, R : Momento de inércia e coeficiente de amortecimento por unidade de comprimento do veio intermediário

J_p : Momento de inércia polar da secção do veio intermediário

G : Módulo de torção do veio intermediário.

O momento perturbador, produzido pelo motor, é designado por M sen ωt ou por $M\, e^{i\,\omega t}$.

Fig. 1. Sistema de duas massas ligadas por um veio intermediário elástico.

A igualdade dos momentos actuando sobre um elemento do veio dum comprimento dx (fig. 2) conduz à relação

$$\theta\, dx \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{\partial \mathfrak{M}}{\partial x}\, dx - d\mathfrak{M}_R\,,$$

na qual φ representa o ângulo de torção em x, $\mathfrak{M}$ o momento de torção transmitido pelo elemento dx, e $\mathfrak{M}_R$ o momento amortecedor. O momento de torção $\mathfrak{M}$ está ligado à distorção $d\varphi$ pela relação

$$\mathfrak{M} = J_p\, G \frac{\partial \varphi}{\partial x}\,.$$

O momento amortecedor $\mathfrak{M}_R$ actua sempre inversamente ao movimento, quer dizer, em oposição de fase com a velocidade, e é dado por

$$d\mathfrak{M}_R = R \frac{\partial \varphi}{\partial t}\, dx\,.$$

As relações precedentes permitem escrever a equação diferencial do movimento vibratório como se segue:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \frac{R}{\theta} \frac{\partial \varphi}{\partial t} - \frac{J_p G}{\theta} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 0\,. \qquad (1)$$

Esta equação de derivadas parciais é satisfeita, segundo d'Alembert, pela função

$$\varphi = f\left\{\varepsilon\,(ct+x)\right\} + g\left\{\varepsilon\,(ct-x)\right\} \quad [\varepsilon = \text{constante}],$$

que representa duas ondas que se deslocam em sentido oposto ao longo do veio com uma velocidade de propagação c.

Introduzida na equação diferencial, esta expressão dá:

$$\varepsilon\left(c^2 - \frac{J_p G}{\theta}\right)\left[f''\left\{\varepsilon\,(ct+x)\right\} + g''\left\{\varepsilon\,(ct-x)\right\}\right] +$$

$$+\frac{R}{\theta}\,c\left[f'\left\{\varepsilon\,(ct+x)\right\} + g'\left\{\varepsilon\,(ct-x)\right\}\right] = 0,$$

onde $f'\{\ \} = df\{\ \}/d\{\ \}$, etc.

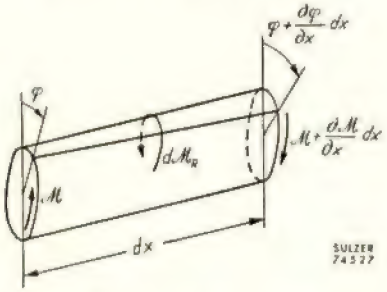


Fig. 2. Elemento do veio elástico.

Pode trazer-se uma simplificação a esta equação, se é possível escrever a igualdade seguinte:

$$f''\left\{\varepsilon\,(ct+x)\right\} + g''\left\{\varepsilon\,(ct-x)\right\} =$$

$$= \delta^{-1}\left[f'\left\{\varepsilon\,(ct+x)\right\} + g'\left\{\varepsilon\,(ct-x)\right\}\right]$$

na qual δ é constante. Resulta daí

$$\left[f''\left\{\varepsilon\,(ct+x)\right\} + g''\left\{\varepsilon\,(ct-x)\right\}\right] \cdot$$

$$\cdot\left\{\varepsilon\,c^2 - \varepsilon\frac{J_p G}{\theta} + \delta\frac{R}{\theta}\,c\right\} = 0$$

ou ainda

$$\varepsilon\,c^2 - \varepsilon\frac{J_p G}{\theta} + \delta\frac{R}{\theta}\,c = 0. \qquad (2)$$

o que permite exprimir a velocidade de propaqação c, ainda desconhecida.

Esta simplificação é perfeitamente autorizada, se a solução de φ é dada por uma função exponencial, tal como

$$\varphi = Ae^{i\,(ct+x+\alpha')\,\cdot\,\omega/c} + Be^{i\,(ct-x+\beta')\,\cdot\,\omega/c}$$

ou então

$$\varphi = Ae^{i\,(\omega t + \omega x/c + \alpha)} + Be^{i\,(\omega t - \omega x/c + \beta)}$$

onde ω é a pulsação (frequência angular) do momento perturbador; A, B, α e β são as constantes de integração. Como se verá, a solução responde às condições limites a observar. As constantes ε e δ da equação (2) são então

$$\varepsilon = i\,\omega/c,\ \delta = 1$$

e a equação (2) torna-se em

$$i\frac{\omega}{c}\,c^2 - i\frac{\omega}{c}\frac{J_p G}{\theta} + \frac{R}{\theta}\,c = 0,$$

$$c = \sqrt{\frac{\frac{J_p G}{\theta}}{1+\frac{R^2}{\omega^2\theta^2}}}\,\sqrt{1+i\frac{R}{\omega\theta}}.$$

A expressão $R/\omega\theta$ é sempre muito pequena em relação a 1, o que permite simplificar a fórmula da velocidade como se segue:

$$c \approx c_r\left(1 + i\frac{R}{2\omega\theta} + \frac{R^2}{8\,\omega^2\theta^2}\right)\left(1+\frac{R^2}{\omega^2\theta^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

com

$$c_r = \sqrt{\frac{J_p G}{\theta}}.$$

A velocidade de propagação c aparece numa forma complexa sob a acção do amortecimento R. O valor inverso de c:

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_r}\,(a - i\,b)$$

contém duas grandezas

$$a \approx \left(1 + \frac{R^2}{8\,\omega^2\theta^2}\right) \text{ e } b \approx \frac{R}{2\,\omega\theta},$$

O valor de a pouco difere da unidade, enquanto que b é muito mais pequeno e vale aproximadamente $R/2\,\omega\theta$.

A solução φ torna-se em:

$$\varphi\,(x,t) = Ae^{+\,b\omega x/c_r}\,e^{i\,(\omega t + a\omega x/c_r + \alpha)} +$$

$$+ Be^{-b\omega x/c_r}\,e^{i\,(\omega t - a\omega x/c_r + \beta)}.$$

Introduzindo a expressão da impedância:

$$z = u + i\,v = b\omega/c_r + i\,a\omega/c_r,$$

a amplitude φ no ponto da abscissa x e no tempo t é dada por:

$$\varphi\,(x,t) = Ae^{ux}\,e^{i\,(\omega t + vx + \alpha)} + Be^{-ux}\,e^{i\,(\omega t - vx + \beta)}. \quad (3)$$

Em consequência do amortecimento, intervindo na parte real u da impedância z, não é possível considerar, para a amplitude φ, uma função puramente sinusoidal.

2. *Sistema de duas massas reunidas por um veio intermediário elástico*

As massas situadas de um e outro lado do veio intermediário são definidas pelo seu momento de inércia (fig. 1) e submetidas a um momento amortecedor. Sobre a massa Θ_1 actua adicionalmente um momento periódico $M\,e^{i\omega t}$.

a) Condição limite na extremidade $x = l$ (lado motor)

Esta condição escreve-se como se segue:

$$\Theta_1 \frac{\partial^2 \varphi_l}{\partial t^2} + R_1 \frac{\partial \varphi_l}{\partial t} + J_p G \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_l = M\, e^{i\omega t}$$

ou ainda, introduzindo a expressão 3,

$$\left\{ -\omega^2 \Theta_1 + i\,\omega R_1 + J_p G \frac{\omega}{c_r} (b + i\,a) \right\} .$$

$$. A\, e^{b\omega l/c_r}\, e^{i(\omega t + a\omega l/c_r + \alpha)} +$$

$$+ \left\{ -\omega^2 \Theta_1 + i\,\omega R_1 - J_p G \frac{\omega}{c_r} (b + i\,a) \right\} .$$

$$. B e^{-b\omega l/c_r}\, e^{i(\omega t - a\omega l/c_r + \beta)} = M e^{i\omega t} .$$

Definindo para a massa Θ_1 a forma de impedância $Z_1 = -p_1 + i q_1 = -\omega^2 \Theta_1 + i\,\omega R_1$ e introduzindo a característica de elasticidade do veio intermediário $k = J_p G$, obtém-se, depois de ter dividido por $e^{i\omega t}$:

$$A e^{i\alpha} (Z_1 + kz)\, e^{zl} + B e^{i\beta} (Z_1 - kz)\, e^{-zl} = M. \quad (4)$$

b) Condição limite na extremidade $x = o$ (lado da hélice)

Aqui, a condição limite escreve-se

$$\Theta_0 \frac{\partial^2 \varphi_0}{\partial t^2} + R_0 \frac{\partial \varphi_0}{\partial t} - J_p G \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_0 = 0$$

ou, introduzindo a equação (3),

$$A e^{i\alpha} (Z_0 - kz) + B e^{i\beta} (Z_0 + kz) = 0, \quad (5)$$

com

$$Z_0 = -\omega^2 \Theta_0 + i\,\omega R_0 = -p_0 + i\,q_0.$$

O sistema das duas equações simultâneas (4) e (5) dá para as incógnitas $A\,e^{i\alpha}$ e $B e^{i\beta}$:

$$A\,e^{i\alpha} = M (Z_0 + kz) \left\{ (Z_1 + kz)(Z_0 + kz)\, e^{zl} - (Z_1 - kz)(Z_0 - kz)\, e^{-zl} \right\}^{-1},$$

$$B\,e^{i\beta} = -M (Z_0 - kz) \left\{ (Z_1 + kz)(Z_0 + kz)\, e^{zl} - (Z_1 - kz)(Z_0 - kz)\, e^{-zl} \right\}^{-1},$$

a amplitude angular φ torna-se então

$$\varphi(x, t) = M \left\{ (Z_0 + kz)\, e^{ux}\, e^{i(\omega t + vx)} - (Z_0 - kz)\, e^{-ux}\, e^{i(\omega t - vx)} \right\} .$$

$$. \left\{ (Z_1 + kz)(Z_0 + kz)\, e^{zl} - (Z_1 - kz)(Z_0 - kz)\, e^{-zl} \right\}^{-1}. \quad (6)$$

Deduz-se assim que a solução de forma exponencial é bem satisfeita pelas condições limites.

O desenvolvimento desta relação é apresentado mais adiante dum modo ainda muito mais representativo, por meio de vectores.

4. *Representação vectorial*

A condição limite do lado da hélice, equação (5), pode ser transformada, graças à introdução das grandezas vectoriais $\mathbf{A} = A\,e^{i\alpha}$ e $\mathbf{B} = B\,e^{i\beta}$ em[1]

$$Z_0 (\mathbf{A} + \mathbf{B}) - kz (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = 0. \quad (7)$$

Para a representação vectorial desta equação, adopta-se primeiro um vector unitário $\mathbf{A}_0 + \mathbf{B}_0 = \dfrac{\mathbf{A} + \mathbf{B}}{|\mathbf{A} + \mathbf{B}|}$ a partir do qual se forma o vector $Z_0\,(\mathbf{A}_0 + \mathbf{B}_0)$ como indicado na figura 3. Traça-se um semicírculo tendo este vector por diâmetro. A corda traçada a partir do ponto de origem 0 e inclinada com um ângulo α ($ctg\ \alpha = b/a \approx R/2\,\omega\theta$) não é mais do que o vector $ku\,(\mathbf{A}_0 - \mathbf{B}_0)$, que permite determinar o vector $(\mathbf{A}_0 - \mathbf{B}_0)$. Conhecendo $(\mathbf{A}_0 + \mathbf{B}_0)$ e $(\mathbf{A}_0 - \mathbf{B}_0)$, é possível traçar os vectores $\mathbf{A}_0$ e $\mathbf{B}_0$ como mostra a fig. 3.

A condição limite do lado do motor, dada pela equação (4)

$$\left\{ Z_1 + kz \right\} \mathbf{A}\, e^{zl} + \left\{ Z_1 - kz \right\} \mathbf{B}\, e^{-zl} = M \quad (8)$$

pode ser inteiramente representada a partir dos dois vectores $\mathbf{A}_0$ e $\mathbf{B}_0$. Na fig. 4, o vector $(Z_1 + kz)\,\mathbf{A}_0$ está primeiramente construído a partir de $\mathbf{A}_0$, depois multiplicado escalarmente por e^{ul}. Rodado de um ângulo vl, este novo vector torna-se em $(Z_1 + kz)\,\mathbf{A}_0\, e^{zl}$. Procedendo do mesmo modo, traçam-se a partir de $\mathbf{B}_0$ os vectores $(Z_1 - kz)\,\mathbf{B}_0$, $(Z_1 - kz)\,\mathbf{B}_0\, e^{-ul}$ e $(Z_1 - kz)\,\mathbf{B}_0\, e^{-zl}$. A resultante M_0 obtém-se compondo os dois vectores $(Z_1 + kz)\,\mathbf{A}_0\, e^{zl}$ e $(Z_1 - kz)\,\mathbf{B}_0\, e^{-zl}$. Conforme à equação (8), pode escrever-se a relação

$$M_0 = M \cdot \mathbf{A}_0/\mathbf{A} = M \cdot \mathbf{B}_0/\mathbf{B},$$

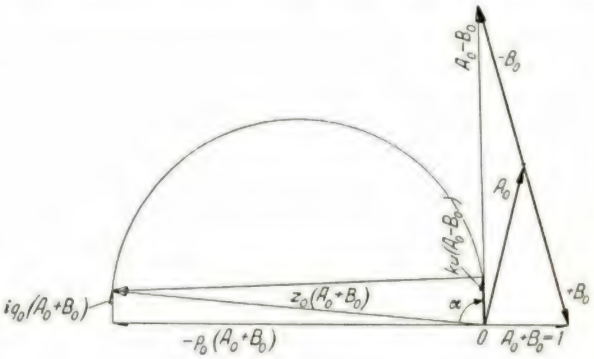


Fig. 3. Determinação dos vectores A_0 e B_0 a partir da condição limite na hélice.

[1] O. Lutz: Vibrações em ressonância nas tubagens das máquinas de êmbolos; Relatório do laboratório para as máquinas térmicas da U. T. Estugarda, fascículo 3, 1934.

ou inversamente

$$\mathsf{A} = \mathsf{A}_0 \cdot M/M_0, \; \mathsf{B} = \mathsf{B} \cdot M/M_0. \qquad (9)$$

Os dois vectores **A** e **B** são assim conhecidos.

A amplitude angular φ no tempo t e no ponto de abcissa x pode ser determinada como se segue, em virtude da equação (3). Na figura 5, formam-se os vectores $\mathsf{A}\, e^{ux}$ e $\mathsf{B}\, e^{-ux}$ a partir de **A** e **B**. Depois de os ter rodado dum ângulo $+ vx$, respectivamente $- vx$, traça-se a sua resultante, que não é mais do que a amplitude angular φ no ponto x e no tempo $t = o$:

$$\varphi\,(x, t = o) = \mathsf{A}\, e^{zx} + \mathsf{B}\, e^{-zx}.$$

Uma nova rotação deste vector, dum ângulo ωt, conduz à amplitude no tempo t:

$$\varphi\,(x, t) = \varphi\,(x, o)\, e^{i\omega t}, \text{ vêr figura 6.}$$

Devido ao facto de que o momento perturbador M sen ωt não corresponde senão à parte imaginária de $M\, e^{i\omega t}$, a amplitude real será também representada apenas pela parte imaginária de $\varphi\,(x, t)$, quer dizer, pela sua componente vertical, como está indicado na figura 6. A amplitude angular na extremidade $x = o$ no tempo t: $\varphi\,(o, t) = \varphi\,(o)\, e^{i\omega t}$, respectivamente $\varphi\,(o)$ sen ωt, pode igualmente ser construída. O ângulo ψ, compreendido entre os vectores $\varphi\,(x, o)$ e $\varphi\,(o)$, representa a sua desfasagem. No caso do amortecimento nulo, $\psi = o$ ou π.

Se os dois vectores $(Z_1 + kz)\, \mathsf{A}_0\, e^{zl}$ e $(Z_1 - kz)\, \mathsf{B}_0\, e^{-zl}$ tivessem a mesma direcção, na figura 4, M_0

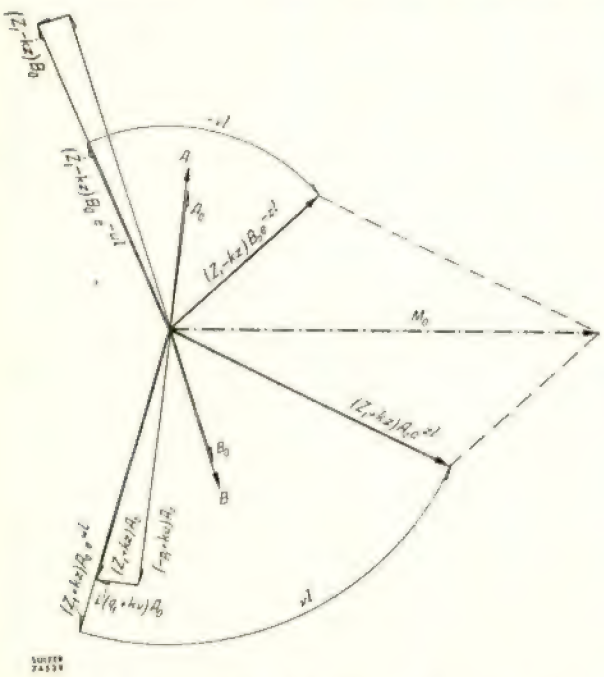


Fig. 4. Determinação do vector M_0 a partir dos vectores A_0 e B_0.

seria máximo; consequentemente, **A**, **B** e portanto φ, seriam mínimos. Neste caso, as vibrações deste sistema são apenas muito fracamente excitadas.

Ao invez, produz-se um fenómeno de ressonância, quando as componentes do vector M_0 são opostas uma à outra. A frequência própria pode então ser determinada procedendo-se como segue: Depois de se ter escolhido judiciosamente uma pulsação ω, calculam-se as duas componentes. Determina-se o ângulo suplementar $v\Delta l$ que seria necessário para que as suas direcções fossem opostas. Existe um certo comprimento $l + \Delta l$ do veio intermediário, para o qual a pulsação escolhida ω corresponde à pulsação própria. Para um comprimento l, a pulsação própria será

$$\omega_e = \omega \left(\frac{l + \Delta l}{l} \right)^n$$

onde o expoente n está compreendido entre $^1/_2$ e 1. Se as inércias Θ_0 e Θ_1 predominam, n vale aproximadamente $^1/_2$. Se, pelo contrário, o veio intermediário é muito comprido, n é próximo da unidade. Depois de se ter avaliado n, calcula-se um novo valor para a pulsação própria, para a qual se repete toda a operação, e assim por diante. Os valores obtidos sucessivamente para $\Delta l/l$ são relacionados em função de ω. A pulsação própria procurada corresponde à abscissa do ponto cuja ordenada é nula, como mostra a fig. 7.

4. *Sistema de várias massas excitado numa das extremidades*

A figura 8 representa um sistema de $(n + 1)$ massas, abalado por um momento perturbador M sen ωt actuando sobre a última massa n. A equação do movimento duma massa qualquer j, de inércia Θj, é a seguinte:

$$\Theta_j \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + R_j \frac{\partial \varphi}{\partial t} + J_{pj} G \frac{\partial \varphi_j}{\partial x} - J_{pk} G \frac{\partial \varphi_k}{\partial x} = 0$$

com

$$\varphi_j = A_j\, e^{u_j x}\, e^{i(\omega t + v_j x + \alpha_j)} + B_j\, e^{-u_j x}\, e^{i(\omega t - v_j x + \beta_j)}$$

para o eixo intermediáro da esquerda j;

$$\varphi_k = A_k\, e^{u_k x}\, e^{i(\omega t + v_k x + \alpha_k)} + B_k\, e^{-u_k x}\, e^{i(\omega t - v_k x + \beta_k)}$$

para o eixo intermediário da direita k;

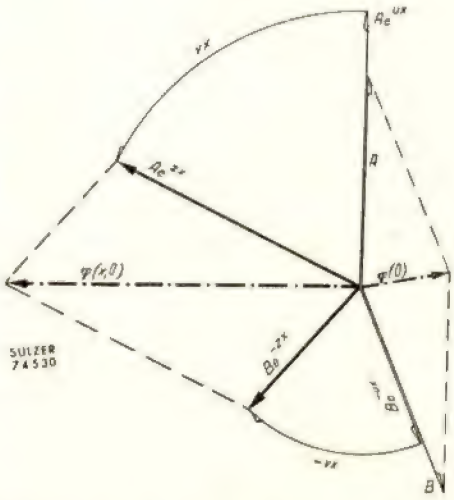


Fig. 5. Determinação da amplitude de vibração φ no tempo t e para uma abscissa qualquer x.

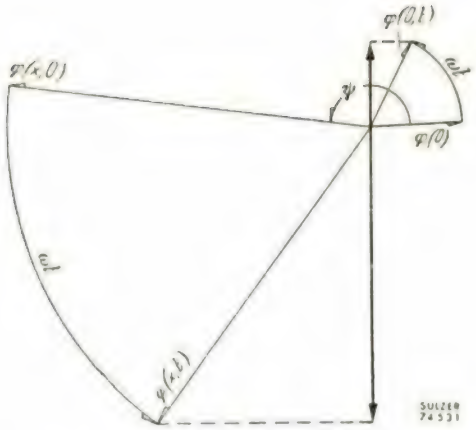


Fig. 6. As amplitudes $\varphi\ (x, t)$ e $\varphi\ (o, t)$.

R_j = Coeficiente de amortecimento da massa j;
J_{pj} = Momento de inércia polar da secção do veio intermediário j,
J_{pk} = Momento de inércia polar da secção do veio intermediário k.

As expressões φ_j e φ_k, derivadas em relação a x e a t, são introduzidas na equação diferencial precedente. Tendo em conta a solução de continuidade $\varphi = \varphi_j = \varphi_k$ no ponto de abscissa $x = l_j$, obtém-se:

$$\frac{1}{k_k\,|z_k|^2}\,\bar{z}_k\Big\{(Z_j + k_j z_j)\,\mathbf{A}_j\,e^{z_j l_j} + (Z_j - k_j z_j)\,\mathbf{B}_j\,e^{-z_j l_j}\Big\} = \mathbf{A}_k\,e^{z_k l_j} - \mathbf{B}_k\,e^{-z_k l_j}$$

e

$$\mathbf{A}_j\,e^{z_j l_j} + \mathbf{B}_j\,e^{-z_j l_j} = \mathbf{A}_k\,e^{z_k l_j} + \mathbf{B}_k\,e^{-z_k l_j},$$

onde $\bar{z}_k = u_k - i\,v_k$ é a impedância conjugada de z_k. As duas equações representam a condição limite na massa j.

Se $\mathbf{A}_j\,e^{z_j l_j}$ e $\mathbf{B}_j\,e^{-z_j l_j}$ fossem conhecidos, $\mathbf{A}_k\,e^{z_k l_j}$ e $\mathbf{B}_k\,e^{-z_k l_j}$ poderiam ser determinados a partir desta condição. Como a figura 9 mostra, os vectores $(Z_j + k_j z_j)\,\mathbf{A}_j\,e^{z_j l_j}$ e $(Z_j - k_j z_j)\,\mathbf{B}_j\,e^{-z_j l_j}$ podem ser construídos a partir de $\mathbf{A}_j\,e^{z_j l_j}$ e $\mathbf{B}_j\,e^{-z_j l_j}$ Multiplicando a sua resultante (V) por $\frac{1}{k_k|z_k|^2}\,u_k$, respectivamente por $-i\,\frac{1}{k_k|z_k|^2}\,v_k$, obtêm-se dois novos vectores, cuja soma vale $\mathbf{A}_k\,e^{z_k l_j} - \mathbf{B}_k\,e^{-z_k l_j}$. Como, por outro lado, a resultante dos vectores $\mathbf{A}_k\,e^{z_k l_j}$ e $\mathbf{B}_k\,e^{-z_k l_j}$ é determinada pela condição de continuidade, cada um deles

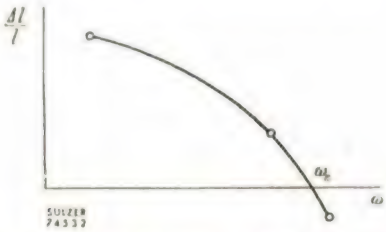


Fig. 7. Curva de resolução $\Delta l/l = f(\omega)$.

pode ser obtido pela construção representada na figura 9.

Fisicamente, o resultado do desenvolvimento matemático significa que, das duas ondas $\mathbf{B}_j$ e $\mathbf{A}_j$ no veio intermediário da esquerda j, uma se propaga no veio da direita k, enquanto que a outra é dela proveniente: as suas amplitudes modificam-se ao atravessar a massa j e correspondem a $\mathbf{B}_k$ e $\mathbf{A}_k$ respectivamente, no veio intermediário da direita k.

Para a primeira massa O, a condição limite é dada pela equação (7):

$$Z_0\,(\mathbf{A}_1 + \mathbf{B}_1) - k_1 z_1\,(\mathbf{A}_1 - \mathbf{B}_1) = 0$$

O cálculo pode ser assim efectuado a partir desta massa. Admite-se o vector unitário $(\mathbf{A}_{10} + \mathbf{B}_{10}) = \frac{\mathbf{A}_1 + \mathbf{B}_1}{|\mathbf{A}_1 + \mathbf{B}_1|}$ e determinam-se os vectores $\mathbf{A}_{10}$ e $\mathbf{B}_{10}$

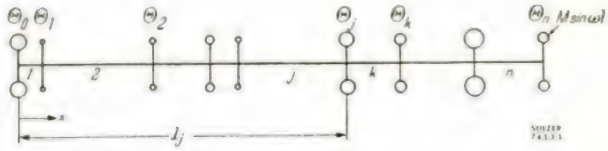


Fig. 8. Sistema de $(n+1)$ massas com perturbação actuando sobre a última massa n.

conforme à figura 3. À justa antes de atingir a massa 1, as amplitudes destas duas ondas mecânicas tornaram-se $\mathbf{A}_{10}\,e^{z_1 l_1}$ e $\mathbf{B}_{10}\,e^{-z_1 l_1}$, e podem ser construídas de acordo com a figura 5. Atravessando a massa 1, transformam-se em $\mathbf{A}_{20}\,e^{z_2 l_1}$ e $\mathbf{B}_{20}\,e^{-z_2 l_1}$ conforme à construção já desenvolvida na figura 9. Propagam-se assim sucessivamente através das massas 2, 3, 4 ... até à última n, para a qual a condição limite é dada pela equação (8). Um cálculo gráfico, semelhante ao da figura 4, permite determinar o vector M_0. Pelas relações (9), os vectores das ondas dum veio intermediário qualquer j são conhecidos, a saber, $\mathbf{A}_j = \mathbf{A}_{j0} \cdot M_j/M_0$ e $\mathbf{B}_j = \mathbf{B}_{j0} \cdot M_j/M_0$. A amplitude angular φ ao longo deste veio intermediário calcula-se a partir destes vectores por meio da expressão (3).

5. *Sistema de três massas excitado nas duas extremidades.*

Se, num sistema de várias massas, duas ou mais massas são submetidas a um binário perturbador exte-

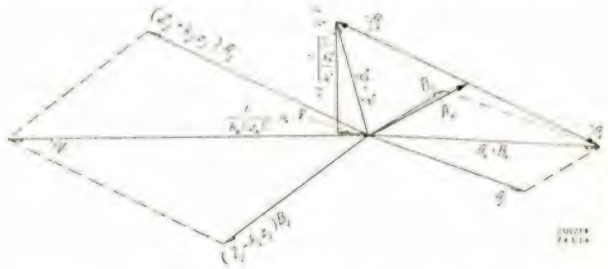


Fig. 9. Construção dos vectores $A_k\,e^{z_k l_j}$ e $B_k\,e^{-z_k l_j}$ a partir de $A_j\,e^{z_j l_j}$ e $B_j\,e^{-z_j l_j}$. A título de simplificação, as expressões exponenciais consecutivas às letras A e B foram suprimidas.

rior, o problema já não pode ser resolvido analiticamente. As linhas de propagação, no diagrama espaço-tempo, das ondas produzidas pelos momentos periódicos devem ser reconstituídas até que seja atingido um estado estacionário, para o qual as ondas fiquem constantes em cada ponto. Estas linhas de propagação, representativas da onda, são chamadas linhas características.

A fig. 10 representa um sistema de três massas, das quais as duas exteriores são sujeitas a momentos perturbadores. O cálculo faz-se começando pelas impulsões iniciais, que se propagam em forma de ondas a partir das massas O e 2 em direcção à massa 1. A onda que parte da massa O só compreende a componente que se desloca no sentido positivo de x (de o até 1), a saber:

$$\varphi = B_1\, e^{-u1\, x}\, e^{i\,(wt - v1\, x + \beta 1)}.$$

É determinada pela condição limite

$$\Theta_0 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + R_0 \frac{\partial \varphi}{\partial t} - J_{p1}\, G \frac{\partial \varphi}{\partial x} = e^{iwt}.$$

Depois de introduzida a expressão de φ, obtém-se

$$\mathbf{B}_1 = -M\,(-Z_0 - k_1 z_1)^{-1}. \qquad (10)$$

Esta relação representa precisamente a amplitude máxima instantânea da vibração da massa o sob o efeito do momento $M\, e^{i\omega t}$. Supõe-se que a onda $\mathbf{B}_1$ atinge a massa 1 antes daquela proveniente da massa 2, e que, à sua chegada a 1, o seu valor se torna:

$$\varphi = B_1\, e^{-u_1\, l_1}\, e^{i\,(\omega t - v_1\, l_1 + \beta_1)}.$$

Esta onda não pode ser inteiramente transmitida através da massa 1. É em parte reflectida no seu primeiro troço. As duas ondas parciais que daí resultam são:

$$B_2\, e^{-u2\, l1}\, e^{i\,(\omega t - v_2\, l1 + \beta_2)} \text{ e } A_1\, e^{u1\, l1}\, e^{i\,(\omega t + v1\, l1 + \alpha_1)}$$

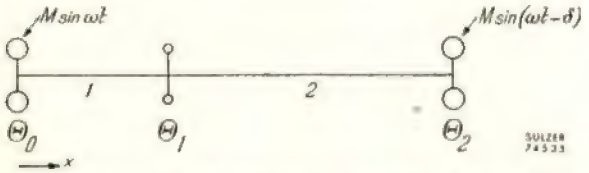


Fig. 10. Sistema de três massas excitado nas duas extremidades.

Devem satisfazer, em conjunto com a onda inicial, à condição limite em 1:

$$\Theta_1 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + R_1 \frac{\partial \varphi}{\partial t} + J_{p1}\, G \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} - J_{p2}\, G \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = 0.$$

Introduzindo

$$\varphi_1 = A_1\, e^{u1\, l1}\, e^{i\,(\omega t + v1\, l1 + \alpha 1)} + B_1\, e^{-u1\, l1}\, e^{i\,(\omega t - v1\, l1 + \beta 1)}$$

e

$$\varphi_2 = B_2\, e^{-u_2\, l1}\, e^{i\,(\omega t - v2\, l1 + \beta 2)}$$

na equação diferencial, obtém-se

$$(Z_1 + k_1 z_1)\, \mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1} + (Z_1 - k_1 z_1)\, \mathbf{B}\, e^{-z1\, l1} = \\ = k_2 z_2\, (-\mathbf{B}_2\, e^{-z2\, l1}).$$

Depois de ter eliminado o termo $\mathbf{B}_2\, e^{-z2\, l1}$ desta relação e da equação de continuidade

$$\mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1} + \mathbf{B}_1\, e^{-z1\, l1} = \mathbf{B}_2\, e^{-z2\, l1}$$

obtém-se

$$\mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1} = \frac{Z_1 - k_1 z_1 + k_2 z_2}{-Z_1 - k_1 z_1 - k_2 z_2}\, \mathbf{B}_1\, e^{-z1\, l1}. \qquad (11)$$

A figura 11 dá a construção das duas ondas $\mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1}$ e $\mathbf{B}_2\, e^{-z2\, l1}$ a partir do momento perturbador M. Os números circulados indicam a sucessão das operações:

1. O vector $\mathbf{B}_1$ constroi-se a partir de $-M$ conforme a equação (10).
2. $\mathbf{B}_1\, e^{-z1\, l1}$ é traçado a partir de $\mathbf{B}_1$.
3. O vector $(Z_1 - k_1 z_1 + k_2 z_2\ \mathbf{B}_1\, e^{-z1\, l1}$ deduz-se de $\mathbf{B}_1\, e^{-z1\, l1}$.
4. O vector $(-Z_1 - k_1 z_1 - k_2 z_2)\, \mathbf{A}_1\, e^{-z1\, l1}$ é dado pela relação (11). As suas duas componentes $(p_1 - k_1 u_1 - k_2 u_2)\, \mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1}$ e $i\,(-q_1 - k_1 v_1 - k_2 v_2)\, \mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1}$ podem então ser construídas, assim como $\mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1}$.
5. A soma dos vectores $\mathbf{A}_1\, e^{z1\, l1}$ e $\mathbf{B}_1\, e^{-z1\, l1}$ dá finalmente $\mathbf{B}_2\, e^{-z2\, l1}$.

A onda $\mathbf{B}_2\, e^{-z2\, l1}$ propaga-se em direcção à massa 2 Encontra a onda proveniente desta massa

$$\varphi_2 = \frac{-M\, e^{-i\,\delta}}{-Z_2 - k_2\, z_2}\, e^{u_2\, x}\, e^{i\,(\omega t + v_2\, x)}$$

[cf. equação (10)], cruza-a e atinge a massa 2 no tempo τ, de onde será reflectida sob a forma $\mathbf{A}_2\, e^{z2\, l2}\, e^{i\omega\tau}$. A condição limite é aqui.

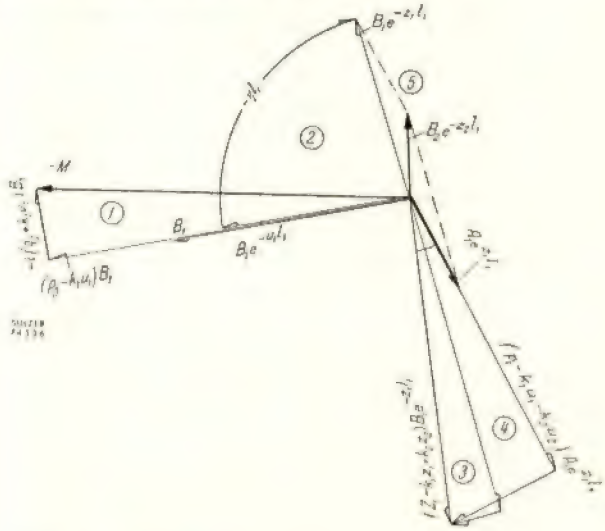


Fig. 11. Construção dos vectores $\mathbf{A}_1\, e^{z1\, l_1}$ $\mathbf{B}_2\, e^{-z_2\, l_1}$ a partir do binário perturbador M.

$$\Theta_2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + R_2 \frac{\partial \varphi}{\partial t} + J_{p_2}\, G \frac{\partial \varphi}{\partial x} = M\, e^{i\,(\omega t - \delta)}.$$

com os valores

$$\varphi = \mathbf{A}_2\, e^{z_2\, x}\, e^{i\omega t} + \mathbf{B}_2\, e^{-z_2\, x}\, e^{i\omega t},\ x = t_2 \text{ e } t = \tau.$$

Introduzindo a expressão φ na equação diferencial, obtêm-se

$$(-Z_2 + k_2 z_2)\, \mathsf{B}_2\, e^{-z_2 l_2} + M\, e^{-i\delta} =$$

$$(Z_2 + k_2 z_2)\, \mathsf{A}_2\, e^{z_2 l_2}. \qquad (12)$$

A construção do vector $\mathsf{A}_2\, e^{z_2 l_2}$ a partir de $M\, e^{-i\delta}$ e de $\mathsf{B}_2\, e^{-z_2 l_2}$ está descrita na figura 12:

1. $\mathsf{B}_2\, e^{-z_2 l_2}$ é construído a partir do vector $\mathsf{B}_2\, e^{-z_2 l_1}$ dado pela fig. 11.
2. Pode então representar-se a equação 12, o que define o vector $(Z_2 + k_2 z_2)\, \mathsf{A}_2\, e^{z_2 l_2}$.
3. Deste vector, deduz-se $(-p_2 + k_2 u_2) \cdot \mathsf{A}_2\, e^{z_2 l_2}$, e depois $\mathsf{A}_2\, e^{z_2 l_2}$.

A figura 13a representa as linhas características da propagação das ondas, no diagrama espaço — tempo. Em cada um dos dois troços, estas características são dadas por rectas, cuja inclinacão corresponde à velocidade de propagação:

$$tg\, a_j = \left(\frac{c_r}{a}\right)_j$$

com $j = 1{,}2$

Estas rectas acusam uma dobra à sua passagem em 1. Na figura 13b, as amplitudes das ondas são representadas em escala logarítmica, por exemplo para a onda B:

$$ln\, (\mathsf{B}\, e^{-ux}) = ln\, \mathsf{B} + ln\, e^{-ux} = ln\, \mathsf{B} - ux\,.$$

Também aqui se obtêm rectas, inclinadas de $tg\beta = -u$ para as ondas que se propagam no sentido positivo, e de $tg\beta = +u$ no sentido negativo. A amplitude num ponto qualquer x pode pois ser definida. Diminui progressivamente sob o efeito do amortecimento b.

As ondas a que acima nos referimos, B_1, A_1, B_2 A_2 já estão representadas na figura 13.

Quanto à onda A_2 proveniente da massa 2, esta acusa, ao atingir a massa 1, o valor

$$\frac{-M\, e^{-i\delta}}{-Z_2 - k_2 z_2}\, e^{z_2 l_1}\, e^{i\omega t}\,.$$

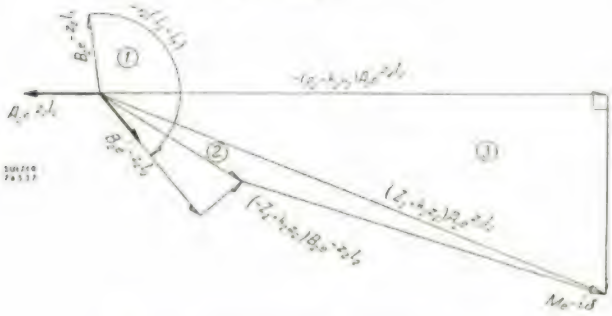


Fig. 12. Construção do vector $\mathsf{A}_2\, e^{z_2 l_2}$ a partir de $Me^{-i\delta}$ e $\mathsf{B}_2\, e^{-z_2 l_2}$.

Cruza aqui a onda $\mathsf{B}_1\, e^{-z_1 l_1}\, e^{i\omega t}$ proveniente da massa o, e propaga-se depois no elemento de veio 1 com

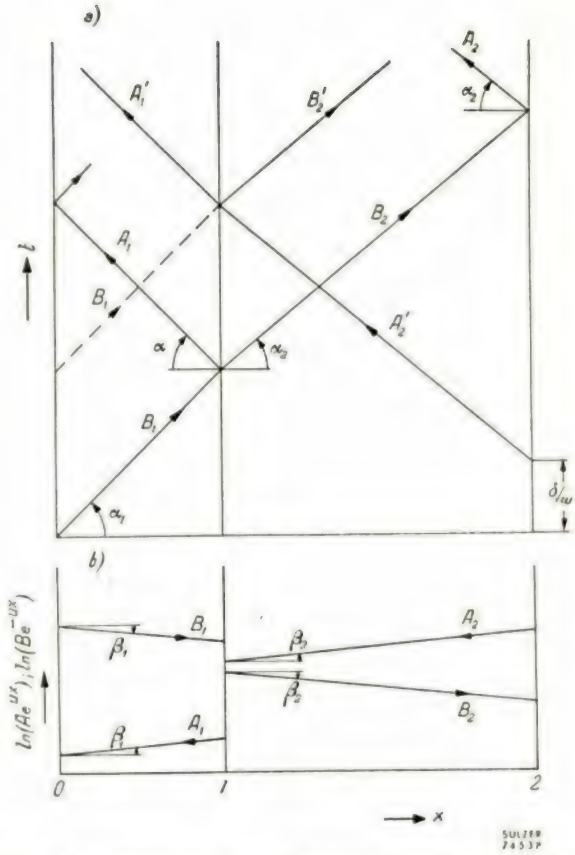


Fig. 13. a) Reconstituição das ondas no diagrama x-t b) Variação das amplitudes ao longo das abscissas x

uma intensidade modificada em consequência da reflexão simultânea. As duas novas ondas assim produzidas, A'_1, e B'_2, serão determinadas pelas relações:

$$\varphi_1 = \mathsf{A}'_1\, e^{z_1 l_1}\, e^{i\omega t} + \mathsf{B}_1\, e^{-z_1 l_1}\, e^{i\omega t}$$

e

$$\varphi_2 = \frac{-M}{-Z_2 - k_2 z_2}\, e^{z_1 l_1}\, e^{i\omega (t-\delta)} + \mathsf{B}'_2\, e^{-z_2 l_1}\, e^{i\omega t}$$

dadas pela condição limite em 1 para as ondas B_1 e A'_2

Desta maneira, as ondas sucessivas podem ser reconstituídas, até se atingir em toda a parte um estado estacionário.

6. *Sistema vibrante com ramal*

A figura 14 representa um sistema de três massas com, a mais, uma quarta massa P ligada à massa intermediária O por um elemento elástico 3. Um tal sistema pode concretizar-se por dois motores Diesel accionando uma hélice comum P por intermédio dum redutor de engrenagens O. As condições limites seguintes devem ser satisfeitas na massa O, para $x = l_1$

$$\Theta_0 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \mathrm{R}_0 \frac{\partial \varphi}{\partial t} + J_{p1}\, G \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} - J_{p2}\, G \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} -$$

$$- J_{p3}\, G \frac{\partial \varphi_3}{\partial x} = 0 \text{ e } \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$$

com $\varphi_j = \mathsf{A}_j\, e^{z_j l_1}\, e^{i\omega t} + \mathsf{B}_j\, e^{-z_j l_1}\, e^{i\omega t}$ $(j = 1, 2, 3)$.

Dão lugar à relação seguinte

$$(Z_0 + k_1 z_1)\ \mathsf{A}_1\, e^{z_1 l_1} + (Z_0 - k_1 z_1)\ \mathsf{B}_1\, e^{-z_1 l_1} =$$

$$k_2 z_2\ (\mathsf{A}_2\, e^{z_2 l_1} - \mathsf{B}_2\, e^{-z_2\ l_1}) + k_3 z_3\ (\mathsf{A}_3\, e^{z_3\ l_1} - \mathsf{B}_3\, e^{-z_3\ l_1}).$$

que permite estabelecer, a partir de três ondas B_1, A_2 e A_3 que se propagam em direcção a 1, as ondas reflectidas A_1, B_2 e B_3. O cálculo começa como precedentemente. As ondas B_1 et A_2 propagam-se em direcção a O a partir das massas M e M', mas falta ainda a onda A_3 no elemento 3. Os três elementos 1, 2 e 3 só serão percorridos pelas respectivas ondas A_1, B_2 e B_3 depois de ou uma ou outra das ondas provenientes de M e M' ter atingido a massa O. Quando a onda B_3 chega à hélice P, origina a onda reflectida A_3. É evidente que a reconstituição das diferentes ondas se faz de maneira análoga àquela exposta no capítulo precedente.

7. *Decomposição dum sistema vibrante em sistemas parciais*

No cálculo das vibrações de torção de um motor Diesel accionando a hélice dum navio, o veio de manivela é comparável a uma sucessão de massas concentradas, ligadas por elementos elásticos sem massa nem amortecimento próprio. Nem sempre é assim no que respeita à linha de veios ligando o motor à hélice, nomeadamente quando o seu comprimento é considerável. Além da sua elasticidade, é preciso levar então igualmente em conta a sua massa, uniformemente repartida, e o seu amortecimento. O método precedenmente exposto pode portanto aplicar-se à linha de veios, enquanto que o cálculo pode ser mais simples-

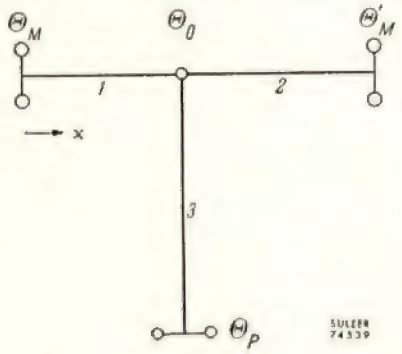


Fig. 14. Sistema de 3 massas com ramal.

plesmente feito, no que respeita no veio da manivela, pelos métodos bem conhecidos de Helzer, Brabec, etc. Não é contudo desejável ter de calcular por métodos diferentes duas partes dum mesmo sistema vibrante. Há vantagem em decompô-lo em dois sistemas distintos, que serão tratados em separado, procedendo como segue:

Na figura 15, o motor Diesel é representado pelas massas Θ_0 a Θ_n, o volante por Θ_{n+1} e a hélice por Θ_{n+m}. Entre o volante e a hélice encontra-se uma longa linha de veios e, ainda, um certo número de massas Θ_{n+2}, $\Theta_{n+3} \ldots \Theta_{n+m-1}$, concentradas em certos pontos daquela linha. O volante separa assim o sistema em duas partes de naturezas diferentes. Para as $(n+m+1)$ massas do sistema total, as equações do movimento vibratório escrevem-se:

$$\Theta_0\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_0} + R_0\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_0} - J_{p1}\, G\left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x}\right)_{l_0} = 0 \qquad (0)$$

$$\Theta_1\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_1} + R_1\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_1} + J_{p1}\, G\left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x}\right)_{l_1} -$$

$$- J_{p2}\, G\left(\frac{\partial \varphi_2}{\partial x}\right)_{l_1} = M_v\, e^{i\ (\omega t + \delta_1)} \qquad (1)$$

. . . . . .

$$\Theta_n\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_n} + R_n\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_n} + J_{p_n}\, G\left(\frac{\partial \varphi_n}{\partial x}\right)_{l_n} -$$

$$- J_{p_n+1}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+1}}{\partial x}\right)_{l_n} = M_v\, e^{i\ (\omega t + \delta_n)} \qquad (n)$$

$$\Theta_{n+1}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_{n+1}} + R_{n+1}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_{n+1}} +$$

$$+ J_{p_n+1}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+1}}{\partial x}\right)_{l_{n+1}} -$$

$$- J_{p_n+2}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+2}}{\partial x}\right)_{l_{n+1}} = 0 \qquad (n+1)$$

$$\Theta_{n+2}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_{n+2}} + R_{n+2}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_{n+2}} +$$

$$+ J_{p_n+2}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+2}}{\partial x}\right)_{l_{n+2}} -$$

$$- J_{p_n+3}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+3}}{\partial x}\right)_{l_{n+2}} = 0 \qquad (n+2)$$

. . . . . .

$$\Theta_{n+m-1}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_{n+m-1}} + R_{n+m-1}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_{n+m-1}} +$$

$$+ J_{p_n+m-1}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+m-1}}{\partial x}\right)_{l_{n+m-1}} -$$

$$- J_{p_n+m}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+m}}{\partial x}\right)_{l_{n+m-1}} = 0 \qquad (n+m-1)$$

$$\Theta_{n+m}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_{n+m}} + R_{n+m}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_{n+m}} +$$

$$+ J_{p_n+m}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+m}}{\partial x}\right)_{l_{n+m}} = 0 \qquad (n+m).$$

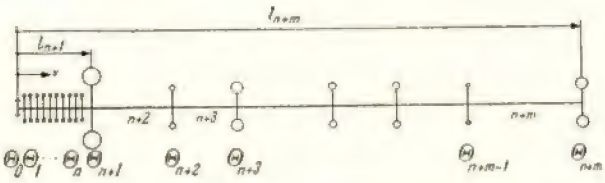


Fig. 15. Sistema de $(n+1+m)$ massas correspondentes a uma propulsão marítima com motor Diesel; o motor está representado por $\Theta_0 \ldots \Theta_n$, o volante por Θ_{n+1}, a hélice por Θ_{n+m} e a linha de veios pelo sistema compreendido entre Θ_{n+1} Θ_{n+m}.

onde $M_v\, e^{i\,(\omega t+\delta_j)}$ representa o momento perturbador da ordem v actuando sobre a massa Θ_j ($j = 1, 2, 3 \ldots n$). Desdobrando a equação $(n+1)$ como se segue:

$$\Theta_{n+1}^{*}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_{n+1}} + R_{n+1}^{*}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_{n+1}} + $$

$$+ J\, p_{n+1}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+1}}{\partial x}\right)_{l_{n+1}} = 0 \qquad (n+1)^{*}$$

$$\Theta_{n+1}^{**}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{l_{n+1}} + R_{n+1}^{**}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_{l_{n+1}} - $$

$$- J\, p_{n+2}\, G\left(\frac{\partial \varphi_{n+2}}{\partial x}\right)_{l_{n+1}} = 0 \qquad (n+1)^{**},$$

com as condições

$$\Theta_{n+1}^{*} + \Theta_{n+1}^{**} = \Theta_{n+1} \text{ e } R_{n+1}^{*} + R_{n+1}^{**} = R_{n+1}$$

obtêm-se para o sistema vibrante dois grupos de equações distintos. O primeiro grupo compreende o caso simples dum motor Diesel com seu volante. O segundo grupo compreende as equações $(n+1)^{**}$, $(n+2) \ldots (n+m)$ do sistema formado pelas m massas $\Theta_{n+1}^{**}, \Theta_{n+2} \ldots \Theta_{n+m}$. Desta maneira, o sistema inicial fica decomposto em dois sistemas parciais, como mostra a figura 16, correspondentes aos dois grupos de equações acima indicados. A fim de que fiquem imutáveis as condições no que respeita às vibrações, é necessário poder efectuar o desdobramento dos valores Θ_{n+1} e R_{n+1} conforme a uma regra adequada.

O movimento vibratório do primeiro sistema é uma vibração forçada mantida pelos binários perturbadores $M_v\, e^{i\,(\omega t+\delta_j)}$ e cuja pulsação, por conseguinte, vale ω. Pela razão de nenhuma perturbação actuar sobre o segundo sistema, a forma e a frequência da sua vibração devem necessàriamente corresponder a uma das suas próprias vibrações. Esta constatação vai permitir o desdobramento de Θ_{n+1} e R_{n+1}. Estando na realidade os dois sistemas

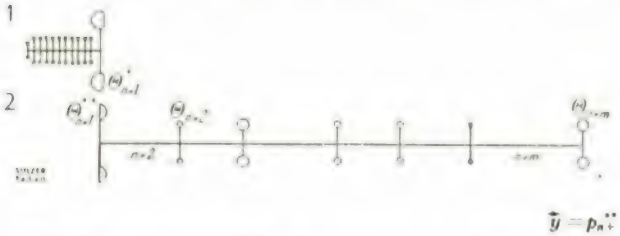


Fig. 16. Decomposição do sistema em dois grupos: o primeiro $\Theta_0 \ldots \Theta^{*}_{n+1}$ representando o motor com o volante, o segundo $\Theta^{**}_{n+1} \ldots \Theta_{n+m}$ a linha de veios suportando m massas

ligados, só podem vibrar na mesma frequência. Basta portanto determinar os valores que é preciso dar à inércia Θ_{n+1}^{**} e ao seu amortecimento R_{n+1}^{**} para que a pulsação ω das vibrações forçadas do primeiro sistema se torne ao mesmo tempo uma pulsação própria do segundo sistema. Uma vez conhecidos estes valores, a parte da inércia da massa $n+1$, a atribuir ao primeiro sistema, obtém-se imediatamente pela subtracção $\Theta_{n+1}^{*} = \Theta_{n+1} - \Theta_{n+1}^{**}$. O mesmo se passa com o amortecimento $R_{n+1}^{*} = R_{n+1} - R_{n+1}^{**}$. A amplitude das vibrações forçadas na massa Θ_{n+1}^{*} é fàcilmente calculada por um ou outro dos métodos correntes. Esta amplitude transporta-se da mesma maneira à massa Θ_{n+1}^{**} do segundo sistema, para a qual a condição limite fica assim conhecida.

A determinação de Θ_{n+1}^{**} e de R_{n+1}^{**} efectua-se da maneira seguinte: Para simplificar as operações, o cálculo é feito começando a partir da última massa Θ_{n+m}, considerada como a origem das abcissas m (fi. 17), e conforme o caminho a seguir exposto no parágrafo 4. Depois de ter adoptado o vector unitário $\mathbf{A}_{(n+m)0} + \mathbf{B}_{(n+m)0}$ para a amplitude da massa Θ_{n+m}, os vectores $\mathbf{A}_{(n+2)0}\, e^{z_{n+2} l_{n+1}}$ e $\mathbf{B}_{(n+2)0}\, e^{-z_{n+2} l_{n+1}}$ podem ser calculados uns após outros através das massas $\Theta_{n+m-1}, \Theta_{n+m-2} \ldots \Theta_{n+2}$ até à massa Θ_{n+1}^{**}, para a qual a condição limite se escreve conforme à equação (7):

$$- Z_{n+1}^{**}\left(\mathbf{A}_{(n+2)0}\, e^{z_{n+2} l_{n+1}} + \mathbf{B}_{(n+2)0}\, e^{-z_{n+2} l_{n+1}}\right) =$$

$$= k_{n+2}\, z_{n+2}\left(\mathbf{A}_{(n+2)0}\, e^{z_{n+2} l_{n+1}} - \mathbf{B}_{(n+2)0}\, e^{-z_{n+2} l_{n+1}}\right)$$

ou em forma abreviada:

$$- Z_{n+1}^{**}\,(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = k_{n+2}\, z_{n+2}\,(\mathbf{A} - \mathbf{B}).$$

Esta equação está representada na fig. 18. A partir de $\mathbf{A}$ e de $\mathbf{B}$, constroem-se os vectores $\mathbf{A} + \mathbf{B}$ e $\mathbf{A} - \mathbf{B}$. Deste último, calcula-se o vector $k_{n+2}\, z_{n+2}\,(\mathbf{A} - \mathbf{B})$, de cuja extremidade se baixa uma perpendicular sobre o vector $(\mathbf{A} + \mathbf{B})$. Assim são definidos os dois sectores

$$\vec{y} = p_{n+1}^{**}\,(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \omega^2\, \Theta_{n+1}^{**}\,(\mathbf{A} + \mathbf{B})$$

e

$$\vec{w} = - i\, q_{n+1}^{**}\,(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = - \omega\, R_{n+1}^{**}\,(\mathbf{A} + \mathbf{B})$$

que permitem esclarecer

$$\Theta_{n+1}^{**} = \vec{y}\,\left\{\omega^2\,(\mathbf{A} + \mathbf{B})\right\}^{-1} \text{ e}$$

$$R_{n+1}^{**} = i\,\vec{w}\,\left\{\omega\,(\mathbf{A} + \mathbf{B})\right\}^{-1}.$$

O problema do desdobramento da massa Θ_{n+1} e do seu amortecimento. R_{n+1} fica assim resolvido.

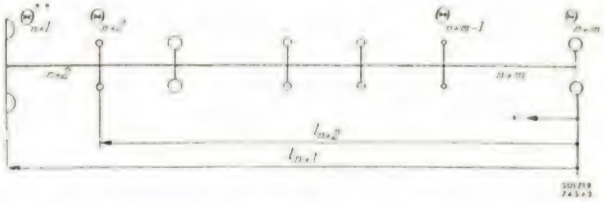


Fig. 17. Representação da linha de veios: as abscissas x são contadas a partir da extremidade da direita.

A inércia parcial Θ_{n+1}^{**} pode ser negativa, se $\vec{y}$ e $\mathbf{A} + \mathrm{B}$ são de sentidos opostos. Pelo contrário, a

parte de amortecimento R^{**}_{n+1} fica sempre negativa. A expressão $i\omega R^{**}_{n+1}\,\varphi_{n+1}$ representa o momento de torção transmitido pelo primeiro sistema ao segundo. No equilíbrio energético do segundo sistema, este momento serve para compensar a energia incessantemente absorvida pelo seu amortecimento mecânico.

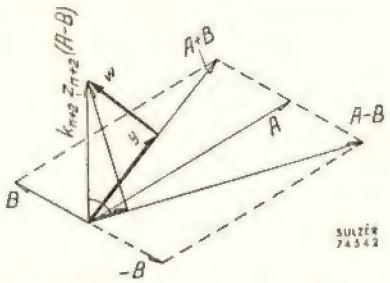


Fig. 18. Derterminação das grandezas Θ^{**}_{n+1} e R^{**}_{n+1} a partir dos vectores $A = A_{(n+2)0}\,e^{z_{n+2}l_{n+1}}$ e $B = B_{(n+2)0}\,e^{-z_{n+2}l_{n+1}}$.

O resultado pode ainda ser interpretado como se segue: A parte do sistema situada à direita do volante pode ser inteiramente reduzida a uma só massa com um único amortecedor.

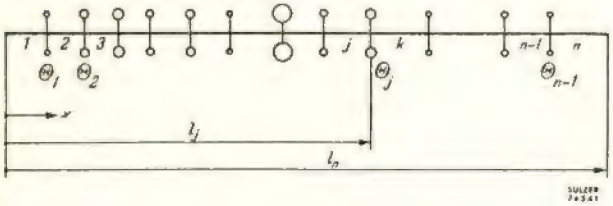


Fig. 19. Sistema de $(n-1)$ massas representando um veio de cames (ressaltos).

8. *Vibrações de torção sem amortecimento*

Um veio de cames de regulação comporta um grande número de massas de inércia relativamente pequenas. A determinação da sua frequência própria é possível, na maioria dos casos, sem fazer intervir os amortecimentos. A fig. 19 representa um veio de cames accionado pelo meio. Abstraindo os termos de amortecimento, as condições limites escrevem-se conforme à equação (7):

$$J_{p_1} G \frac{\omega}{c_1} (\mathbf{A}_1 - \mathbf{B}_1) = 0$$

e para uma massa qualquer j, segundo o parágrafo 4:

$$\frac{c_k\, J_{pj}}{c_j\, J_{pk}} \left\{ \left(i \frac{\omega\, \Theta_j\, c_j}{J_{pj}\, G} + 1 \right) \mathbf{A}_j\, e^{i \frac{\omega l_j}{c_j}} - \right.$$

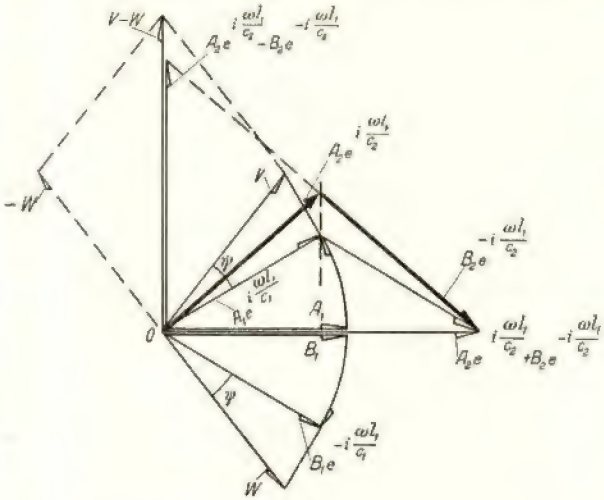
$$\left. - \left(- i \frac{\omega\, \Theta_j\, c_j}{J_{pj}\, G} + 1 \right) \mathbf{B}_j\, e^{-i \frac{\omega l_j}{c_j}} \right\} =$$

$$= \mathbf{A}_k\, e^{i \frac{\omega l_j}{c_k}} - \mathbf{B}_k\, e^{-i \frac{\omega l_j}{c_k}}$$

e

$$\mathbf{A}_j\, e^{i \frac{\omega l_j}{c_j}} + \mathbf{B}_j\, e^{-i \frac{\omega l_j}{c_j}} = \mathbf{A}_k\, e^{i \frac{\omega l_j}{c_j}} + \mathbf{B}_k\, e^{-i \frac{\omega l_j}{c_k}}$$

O cálculo começa pelo troço 1, no qual $\mathbf{A}_1$ é igual a $\mathbf{B}_1$ para $x = o$. Escolhe-se como pulsação própria a controlar um valor judicioso de ω e adopta-se um valor qualquer para os vectores $\mathbf{A}_1 = \mathbf{B}_1$. Até $x = l_1$, estes orientam-se em $\mathbf{A}_1\, e^{i \frac{\omega l_1}{c_1}}$ e em $\mathbf{B}_1\, e^{-i \frac{\omega l_1}{c_1}}$ respectivamente, como o indica a figura 20. Constroi-se então um triângulo rectângulo, do qual um dos lados é o vector $\mathbf{A}_1\, e^{\frac{\omega l_1}{c_1}}$ e cuja hipotenusa forma com este último um ângulo ψ tal que $tg\psi = \omega\Theta_1\, c_1/J_{p1}\, G$; representa pois o vector $(i\omega\Theta_1\, c_1/J_{p1}\, G + 1)\, \mathbf{A}_1\, e^{\frac{i\omega l_1}{c_1}}$ Procede-se idênticamente para construir o vector $(-i\omega\Theta_1\, c_1/J_{p1}\, G + 1)\, \mathbf{B}_1\, e^{-i \frac{\omega l_1}{c_1}}$. A diferença entre estes dois vectores, multiplicada por $c_2\, J_{p1}/G_1\, J_{p2}$ dá



19

Fig. 20. Construção dos vectores $\mathbf{A}_2\, e^{i\omega l_1/c_2}$ a partir de A_1 e B_1 ($A_1 = B_1$).

em seguida o vector $\mathbf{A}_2\, e^{i \frac{\omega l_1}{c_2}} - \mathbf{B}_2\, e^{-i \frac{\omega l_1}{c_2}}$. A equação de continuidade dá, além disso, o vector $\mathbf{A}_2\, e^{i \frac{\omega l_1}{c_2}} +$

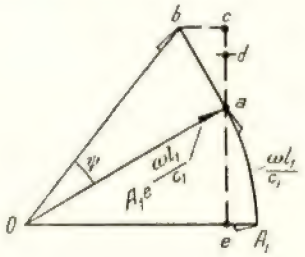


Fig. 21. Simplificação da construção da fig. 20.

$B_2\, e^{-i\frac{\omega l_1}{c_2}}$ porque é idêntico ao vector $A_1\, e^{i\frac{\omega l_1}{c_1}} + B_1\, e^{-i\frac{\omega l_1}{c_1}}$. A partir destes dois últimos vectores assim obtidos, é então possível determinar $A_2\, e^{i\frac{\omega l_1}{c_2}}$ e $B_2\, e^{-i\frac{\omega l_2}{c_2}}$, como está igualmente indicado na fig. 20. São sempre do mesmo tamanho e simétricos em relação ao eixo das grandezas reais, sendo a distância das suas extremidades, do eixo das imaginárias, a mesma que para os vectores $A_1\, e^{i\frac{\omega l_1}{c_1}}$ e $B_1\, e^{-i\frac{\omega l_1}{c_1}}$.

Como os vectores **A** e **B** são sistemàticamente simétricos em relação ao eixo das grandezas reais, basta construir apenas um, por exemplo o veetor **A**. O desenho fica assim simplificado. Constroi-se, como na figura 21, o triângulo rectângulo *aob* a partir do vector $A_1\, e^{i\frac{\omega l_1}{c_1}}$ e traça-se a horizontal $\overline{bc}$ e a vertical $\overline{ce}$ a partir do ponto *a*. Fazendo

$$\overline{de} \,/\, \overline{ce} = c_2 J_{p1} \,/\, c_1 J_{p2}$$

define-se $\overline{od} = A_1\, e^{i\frac{\omega l_1}{c_2}}$. O vector $B_2\, e^{-i\frac{\omega l_1}{c_2}}$ traça-se

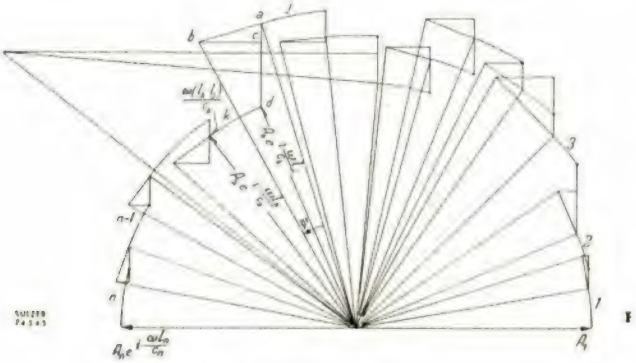


Fig. 22. Jogo completo dos vectores para os troços 1 a *n* do sistema da figura 19.

então imediatamente. Procede-se da mesma forma sucessivamente para todos os troços seguintes.

É corrente que $c_j = c_K$, sendo o eixo de excêntricos normalmente da mesma liga em todo o seu comprimento. Se, além disso, $J_{pj} = J_{pK}$, o ponto *d* coincidirá com o ponto *c*. No momento de passagem para uma secção diferente do veio sem massa concentrada nesta discontinuidade, o ângulo ψ é nulo. O triângulo *abc* reduz-se então apenas ao ponto *a*. O ponto *d* determina-se então simplesmente pela relação $\overline{de} \,/\, \overline{ae} = c_2 J_{p1} \,/\, J_{p2}$.

A figura 22 mostra o jogo completo dos vectores para os intervalos 1 a *n*. Se ω foi convenientemente escolhida, o último vector $A_n\, e^{i\frac{\omega l_n}{c_n}}$ é horizontalmente dirigido. Se assim não for, é preciso ensaiar com outro valor de ω. Com um pouco de prática, chega-se assim ràpidamente ao fim em vista.

9. *Resumo*

Para um sistema vibrando à torção, no qual se tem em conta ao mesmo tempo a massa e o amortecimento das ligações elásticas, é possível resolver rigorosamente a equação diferencial às derivadas parciais, assimilando as vibrações a ondas que se propagam em sentidos opostos. Em consequência da influência do amortecimento, os movimentos vibratórios não podem ser expressos por simples funções trigonométricas.

Para todo o sistema onde o número das massas, sobre as quais actua um momento perturbador, é superior a 1, só é possível obter a solução com o auxílio do método das características. Um sistema de várias massas, como por exemplo uma propulsão marítima com motor Diesel, é decomposto em dois sistemas parciais, dos quais apenas um é sujeito aos binários perturbadores. Esta distinção permite simplificar sensìvelmente o cálculo das vibrações de todo o sistema.

A frequência própria de um sistema onde se faz abstracção do amortecimento, é determinada por um método gráfico, mais simples do que os métodos analíticos conhecidos até agora.

"Vibrações constatadas em navios e provocadas pela hélice"

Por F. Béguin

No número 251 de Abril foi publicado, na secção «Revista das Revistas», o artigo subordinado ao título acima transcrito. Por lapso, faltou indicar que o artigo tinha sido extraído da «Revista Técnica Sulzer» N.º 1 de 1954.

NOTAS TÉCNICAS

C. D. 539.17

Progressos em assuntos atómicos em 1954

O «Ion» de Março e Abril de 1955 (n.os 164 e 165) publica informações sobre a energia nuclear referentes aos progressos verificados (e conhecidos) no ano findo.

Descrevem-se vários reactores norte-americanos e ingleses. Quanto a motores atómicos, citam-se os dos submarinos «Nautilus» e «Sea Wolf».

Cita-se que o Prof. Borst da Universidade de Utah e seus colaboradores estudaram a fundo a possibilidade de construcão da primeira locomotiva atómica, com a colaboração da Babcok-Wilcox e doutras casas construtoras. Indicam-se variados pormenores sobre o projecto, em que se inclui um reactor com 14 Kg de sulfato de uranilo (U-235) dissolvido em água e moderador e refrigerante de água ordinária (243 litros).

C. D. 541.135.2:546.331.31

Aspecto prático do processo electrolítico cloro-hidróxido de sódio

(Angel Martinez, «Ion», Abril de 1955)

Contém-se neste artigo um relato pormenorizado sobre precauções a tomar num dispositivo em funcionamento, descrevem-se algumas vantagens e inconvenientes de electrizadores conhecidos em especial o de platina.

Indicam-se várias causas dos detonadores que surgem quando se atinge o potencial de descarga do hidrogénio que se deduzem em face da tenia.

Descrevem-se em seguida a circulação da salmoura, sua descloração, resaturação e purificação.

BIBLIOTECA

REFERÊNCIAS SOBRE LIVROS RECEBIDOS

M. Gignoux & R. Barbier, *Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques*. Masson et Cie., Paris 1955 (Brochado 2.800 fr., cartonado 3.500 fr.).

C. D. 550:627.82

A publicação deste livro dos profs. Gignoux e Barbier merece referência particular, quer pelo seu interesse intrínseco, quer pela lacuna que vem preencher na bibliografia da geologia de barragens.

Com efeito, desde a publicação do livro clássico de Maurice Lugeon, *Barrages et Géologie* (1933), não apareceu qualquer outro trabalho de carácter geral, pelo menos em língua que nos seja acessível, dedicado exclusivamente a geologia aplicada à construção de barragens e obras anexas.

Sobretudo em língua alemã e inglesa, encontram-se capítulos sobre este assunto, inclusos em tratados de geologia aplicada a obras públicas, mas, devido à natureza destas publicações, demasiadamente sucintos.

Entretanto, desde o aparecimento da obra de Lugeon acumulara-se importante e numerosa bibliografia, descrevendo realizações e estudando aspectos particulares da geologia de barragens, dispersa por inúmeras revistas, tornando-se a sua consulta morosa e, por vezes, difícil.

Deste modo, um dos méritos do livro de Gignoux e Barbier, que só por si justificava a sua publicação, é dar uma súmula crítica dos conhecimentos dispersos, valorizada por uma lista bibliográfica extensa, cuidadosamente seleccionada.

Cerca de quatro quintos do livro são dedicados ao estudo dos problemas geológicos suscitados pela construção de barragens e obras anexas. Partindo do estudo das características morfológicas e dos terrenos de cobertura que, frequentemente, se acumulam nos locais topogràficamente adequados para o estabelecimento de albufeiras, os Autores consideram, particularmente, os vários aspectos dos problemas geológicos suscitados por tais construções.

Os problemas expostos são tratados, primeiramente, de modo analítico e, depois, exemplificados por uma série numerosa de descrições de casos reais, cuidadosamente escolhidos.

Encontram-se algumas referências a obras portuguesas, entre as quais destacamos, pelas particularidades de que se revestiu, as referentes à barragem de Santa Luzia (Pampilhosa da Serra).

A última parte do livro é ocupada por uma análise dos trabalhos de sondagem e de impermeabilização, que sempre se associam à construção de barragens.

Embora não sejam tratados os problemas de captação de águas potáveis, encontra-se um pequeno capítulo sobre a criação ou acumulação artificial de reservas subterrâneas.

O texto é apresentado de modo a poder ser compreendido por aqueles que, com um mínimo de conhecimentos geológicos, tenham necessidade, pela sua actividade profissional, de entrar em contacto com estes problemas.

Uma colecção numerosa de esquemas, plantas e cortes geológicos, fotografias de obras descritas, etc., acompanhados por legendas pormenorizadas, valorizam muito o livro.

D. T.

FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Adelino Felgueiras Barreto, António Alves dos Santos, João Armando Costa Marques, João Manuel Martins Pereira, José Carlos Viana Baptista e Mário Canongia Lopes.

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por C. D. *(classificação decimal)*.

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina com 75 × 125 mm..

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita*, independentemente do número de algarismos que o índice contiver.

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T..

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro de Classificação Decimal.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

POSTES DE MADEIRA

IMPREGNADOS EM AUTOCLAVE COM:

CREOSOTE e TANALITH

para a electrificação de

PORTVGAL

agora aprovados pela D. G. S. E.

para BAIXA e ALTA TENSÃO ·até 30 kW·

STOCKS EM VÁRIOS PONTOS DO PAÍS PARA ENTREGA IMEDIATA.

PEÇAM OS NOSSOS FOLHETOS TÉCNICOS.

GRANDE DURAÇÃO

A impregnação em autoclove concede aos postes de madeira uma duração superior a outros materiais mais caros.

MAIS ECONÓMICOS

O baixo custo inicial garante uma amortização suave num prazo inferior ao período crítico de desactualização das linhas.

MUITO LEVES

A leveza dos postes da Soprem traz grandes economias nos transportes e despesa de mão de obra.

FLEXÍVEIS E ROBUSTOS

A acção dos ventos sobre a copa das árvores é suportada pelo tronco. São esses troncos que depois de *tratados para durarem*, oferecemos para as vossas linhas.

PEDIDOS À

SOPREM

RUA DO TELHAL, 12-4.º LISBOA TELEF. 47292

SÓ OS POSTES DA SOPREM ESTÃO APROVADOS PELA D. G. E. S.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. 312 (469)

Alguns aspectos dos censos da população portuguesa — *J. J. Pais Morais.*

Revista de Economia, 9-954, vol. 7, pág. 117-132

C. D. 33

Seccion economica — Algunas reflexiones sobre el año 1954 — *Mariano Rojas Morales.*

Dyna, 2-955, vol. 30, n.° 2, pág. 128-131.

C. D. 33 : 631

Ancora sulla stima dei miglioramenti fondiari — *Nino Famularo.*

Rivista del catasto e del servizi tecnici erariali, 1954, ano 9, n.° 4, pág. 274-286.

C. D. 371.3

L'Enseignement par correspondance aux degrés primaire et secondaire

Revue analytique de l'education, 10-954, vol. 6, n.° 8 pág. 1-21.

C. D. 518.5

La Machine a Calculer qui Remplace Dix Mille Calculateurs — *Henri Farjaud.*

Science et Vie, 2-955, vol. 87, n.° 449, pág. 108-11.

C. D. 532.522

Etude théorique des grilles de prises d'eau du tipe «en-dessous» — *J. Kuntzomann* e *N. Bouvard.*

La houille blanche, 9-10-954, n.° 5, pág. 569.

C. D. 532.527

Au sujét d'une observation de colladon au pont de la machine à Genève — *Darriens.*

La houille blanche, 11-954, n.° B, pág. 721.

C. D. 532.56

Contribution à l'étude des cuves — *J. Larrieu.*

La houille blanche, 11-954, n.° B, pág. 725.

C. D. 532.574

Mesure des débits de la Basse-Seine — *M. Blosset* e *M. Touillet.*

La houille blanche, 11-954, n.° B, pág. 676.

C. D. 532.595

Oscillations superposées dans les chambres d'équilibre provoquées par des manoevres sucessives du régulateur — *L. Escande.*

La houille blanche, 11-954, n.° B, pág. 689.

C. D. 534.1/534.2

Étude théorique de la réponse d'une poutre amortie a une excitation sinousoidale appliquée a son extrémité libre — *Madeleine Hourlier.*

La Recherche Aéronautique, 7-8-954, n.° 40, pág. 37-40.

C. D. 534.86 : 061.3

Le Congrès sur les procédés d'enregistrement sonore et leur extension à l'enregistrement des informations — *O. Robert.*

Électricité, 11-954, n.° 210, pág. 286 a 290

C. D. 539.215.9

Trabalhos virtuais no estudo de maciços terrosos — *Icarahy da Silveira.*

Revista do Clube de Engenharia, 7-954, n.° 215, pág. 29.

C. D. 539.31/38

Relaxation Methods : a Retrospect — *Richard Southwell.*

The Chartered Mechanical Engineer, 2-954, vol. 1, n.° 2, pág. 61-72.

C. D. 539.319

Stresses in Plates with Cracks and Notches — *M. Rothman* e *D. S. Ross.*

Engineering, 11-2-955, vol. 179, n.° 4646, pág. 175-80.

C. D. 539.41 : 536.49

Energy Theorems and Structural Analysis — *J. H. Argyris.*

Aircraft Engineering, 11-954, vol. 26, n.° 309, pág. 383-387.

C. D. 539.434 : 621.187

The Thickness of High-Temperature Steam Pipes — *J. S. Blair.*

Engineering, 18-2-955, vol. 179, n.° 4647, pág. 205-9.

C. D. 551.510.535

The porty-fifth kelvin lecture «The Physics of the ionosphere» — J. A. Ratcliffe, O. B. E., M. A., F. R. S.

The Procedings of The Institution of Electrical Engineers, 11-954, vol. 101, n.° 132, pág. 339 a 346.

C. D. 553 (81)

L'essor Minier du Nord-est du Brésil — *E. Aubert de la Rüe.*

La chronique des mines coloniales, 7-8-954, n.°s 217-218, pág. 176.

C. D. 621-755

Notes sur l'équilibrage dynamique des machines tournantes — *F. Fonchamps.*

Philips Industries, n.°s 17, 18, 20, 21, 22, 23.

Construir em

aço inoxidável

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessarios à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.

Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis e produtos semi-acabados.

Programa de fabrico:

CHAPAS
- laminadas a frio
- laminadas a quente
- esmeriladas
- compound «clad»
- blindadas

AÇO EM BARRAS

VEIOS COMPRIMIDOS (polidos e rectificados)

ARAMES

PEÇAS VAZADAS

TUBOS
- estirados
- extrudados
- soldados

ELECTRODOS PARA SOLDADURA

FUNDOS COPADOS

VÁLVULAS DE FECHO

VÁLVULAS DE RETENÇÃO

VÁLVULAS ESPECIAIS

As nossas modernas instalações fabris permitem-nos realizar todos os tipos de construções:

— mecânica de precisão
— indústria pesada

Discutam conosco os vossos projectos de construções!...

Na Suécia, possuímos a maior experiência em problemas de aços inoxidáveis.

Avesta
AÇOS INOXIDAVEIS

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA—SUÉCIA
em actividade desde 1303

Representantes Exclusivos para Portugal:

Senna, Botto & Leitão, Lda.

Sede em Lisboa: Rua Nova do Almada, 14
Telef. 26054 | 28904 | 25554

Filial no Porto: Rua do Almada, 31
Telef. 28170 | 28392

C. D. 621.125

High-temperature Turbine Machinery for Marine Propulsion — *T. W. F. Brown.*

The Chartered Mechanical Engineer, 4-954, vol. 1, n.º 4, pág. 162-203.

C. D. 621.165

Factors Influencing the Continuing Development of the Steam Turbine — *F. Dollin.*

The Chartered Mechanical Engineer, 11-954, vol. 1, n.º 9, pág. 429-41.

C. D. 621.181.3

Raising Boiler Efficiency by Baffles and Soot Blowers.

Engineering, 4-3-955, vol. 179, n.º 4649, pág. 278-80.

C. D. 621.24

Amelioration des conditions d'écoulement dans les turbines Francis — *Fontaine, Peyrin* e *Willm.*

La houille blanche, 11-954, n.º B, pág. 704.

C. D. 621.24

Denoyage des roves de turbines de Chastang et de l'Aigle — *E. Fontaine.*

La houille blanche, 11-954, n.º B, pág. 711.

C. D. 621.24

Le groupe prototype de Castet et ses perspectives d'avenir — *V. Chamayon.*

La Houille Blanche, 11-954, n.º B, pág. 714.

C. D. 621.24.004.1

Mesure du rendement des turbines hydrauliques par la méthode thermométrique Poirson — *G. Willm* e *P. Campinas.*

La Houille Blanche, 9-10-954, n.º 5, pág. 590.

C. D. 621.28 : 621.47

Les centrales hidro-solaires — *L. Vadot.*

La Houille Blanche, 9-10-954, n.º 5, pág. 557.

C. D. 621.293

Centrais hidroeléctricas — Determinação económica do local da Barragem — *J. B. Ricci.*

Revista do Clube de Engenharia, 7-954, n.º 215, pág. 35.

C. D. 621.311.1

L'état présent de l'équipement énergétique de l'U.R.S.S. — *J. Talobre.*

La Technique Moderne-Construction, 1-955, vol. 10, n.º 1, pág. 12-19.

C. D. 621.311.21

Development and utilization of hydro-electric power in Uganda — *J. M. Stock, J. C. Lillhow* e *M. I. Mech. E.*

The Procedings of The Institution of Electrical Engeneers, 11-954, vol. 101, n.º 132, pág. 373 a 390.

C. D. 621.311.21 : 621.22

Owen falls, Uganda, Hydro-Electric Development — *Sir Charles Rodvers Westhake, etc.*

The Procedings of The Institution of Electrical Engeneers, 11-954, vol. 101, n.º 132, pág. 347 a 368.

C. D. 621.311.22 (44)

Evolution, depuis 1946, de la production thermique des centrales d'Electricité de France — *F. Torresi.*

Électricité, 10-954, n.º 209, pág. 243 a 2ŧ2.

C. D. 621.316.34

Considérations générales sur les tableaux blendés (suite).

«Caractéristiques e emploi des tableaux de distribution blendés basse-tension» — *H. de Marsac.*

Électricité, n.º 210, pág. 283 a 285.

C. D. 621.335.2

La S. N. C. F. Prépare la 300 km-heure — *Philippe Cousin.*

Science et Vie, 3-955, vol. 87, n.º 450, pág. 97-101.

C. D. 621.438 — 253.7.002 (42)

Engine Blades by Garringtons.

The Aeroplane, 4-3-955, vol. 88, n.º 2276, pág. 274-8.

C. D. 621.438.002.21

Production of the Aircraft Turbine Engine — *K. T. Fulton.*

The Aeroplane, 11-3-955, vol. 88, n.º 2277, pág. 301-26.

C. D. 621.486

Rocket Engines for Aircraft — *A. D. Baxter.*

The Aeroplane, 18-2-955, vol. 88, n.º 2274, pág. 211-4.

C. D. 621.719.7 : 625.143

Le soudage à l'arc électrique appliqué aux voies de chémin de fer.

Revue de Soudure-Sécheron, 1953, n.º 21, pág. 27 a 32.

C. D. 621.74 : 629.13 (42)

David Brown and the Aircraft Industry.

The Aeroplane, 4-2-955, vol. 88, n.º 2272, pág. 153-5.

C. D. 621.74.04

Symposium on powder metallurgy — *A. G. Thomson.*

Aircraft Engineering, 1-955, vol. 27, n.º 311, pág. 19-21.

C. D. 621.83 : 620.158

Checking the Accuracy of Gears.

Engineering, 21-1-955, vol. 179, n.º 4643, pág. 85.

C. D. 621.85.004.6

Rope changing on large excavatores — *N. Wilson.*

Excavating Engineer, 2-955, vol. 49, n.º 2, pág. 34-36.

MAIS AÇO . . . *Milhões de toneladas adicionais produzidas pela Bethlehem*

Para que as indústrias de todo o mundo possam dispor de maiores quantidades de aço, a Bethlehem está aumentando ràpidamente a capacidade de suas usinas nos Estados Unidos.

A grande usina de Sparrows Point, por exemplo, (a maior usina em todo o mundo, localizada junto a um pôrto marítimo) tem, atualmente, sua capacidade anual de produção acrescida de 2.000.000 de toneladas sôbre o total dos últimos anos. Dessa usina, junto ao pôrto de Baltimore, os produtos destinados à exportação são carregados diretamente para bordo dos navios.

Êsse aumento de capacidade significa quantidades muito maiores de aço à disposição dos mercados estrangeiros. Contribuirá, ademais, para que os escritórios e os representantes da Bethlehem, no mundo inteiro, estejam, mais do que nunca, em condições de servir a V. S. melhor e mais prontamente. Bethlehem Steel Export Corporation, 25 Broadway, New York 4, E. U. A. Telegramas: "BETHLEHEM, NEWYORK."

A Bethlehem supre os mercados internacionais de tôdas as formas de aço, inclusive

BARRAS ★ LIGAS ESPECIAIS ★ AÇOS PARA FERRAMENTAS ★ CHAPAS PARA ESTRUTURAS ★ LÂMINAS ★ FITAS ★ FÔLHA DE FLANDRES ★ PRODUTOS DIVERSOS DE ARAME ★ VIGAS ★ TUBOS E TRILHOS.

Escritoriós e representantes em tôdas as principais cidades do mundo
Em Moçambique: Albino Dias de Carvalho, Lda., Lourenço Marques

★ BETHLEHEM STEEL ★

704F

C. D. 621.86

Operating experience with a modern steel plate conveyor having an effective length of 600 m. — *Ernst Scharlau* e *Bernhard Kellerhoff.*

Demag News, 1954, n.º 135, pág. 15-19.

C. D. 621.879

Le dumper — *M. Gabay.*

La Technique Moderne-Construction, 11-954, vol. 9, n.º 11, pág. 371-382.

C. D. 621.923 [621.438]

The automatic grinding of turbine blades.

Aircraft Engineering, 1-955, vol. 27, n.º 311, pág. 24-25.

C. D. 621.983

Stretch-Flattening of Large Sheets and Plates.

Engineering, 4-3-955, vol. 179, n.º 4649, pág. 282-4.

C. D. 624.012.47

Bond in prestressed concrete — *J. M. Plowman.*

Civil Engineering and Public Works Review, 12-954, vol. 49, n.º 582, pág. 1293.

C. D. 624.014 — 078 : 620.172 + 620.173

Étude des résultats d'essais d'assemblages effectues au C. E. P. T. P. — *A. Chagneau* e *J. Fourgeand.*

Annales de l'Institute Technique du Batiment et des Travaux Publics, 9-954, n.º 81, pág. 827.

C. D. 624.014.25

Étude des méthodes d'exécution des joints soudés des poutres d'acier — *M. la Motte Grover.*

Arcos, 1954, n.º 131, pág. 3363.

C. D. 624.041.1

El principio de superposicion y el metodo de Cross — *José Lopez Rodriguez.*

Revista de Obras Públicas, 1-955, Ano 103, n.º 2877, pág. 17-23.

C. D. 624.041.2

Método da liberação (relaxation method) — *Tufi Mamed Assy.*

Engenharia, 11-954, vol. 13, n.º 144, pág. 102; 12-954, vol. 13, n.º 145, pág. 160.

C. D. 624.057.5

Nuevo sistema de encofrado rapido — *J. Bachmann Keller.*

Cemento-Hormigon, 1-955, vol. 21, n.º 250, pág. 21-24.

C. D. 624.057.6 : 624.624

Puente sobre el valle «Tiefe Tall» Baviera — *Edüard Schwaab* e *Anton Gattnar.*

Informes de la Construccion, 12-954, ano 7.º, n.º 66, pág. 8.

C. D. 624.078 : 624.3

Note sur le calcul des assemblages des goussets aux membrures dans les poutres en treillis — *Yi-Kan Houa.*

Acier-Stahl-Steel, 2-955, ano 20.º, n.º 2, pág. 83-85.

C. D. 624.131.4

Conditions de similitude dans l'étude sur modèles de problèmes de méchanique du sol — *Manuel Rocha.*

Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, 2-955, ano 8.º, n.º 86, pág. 155-166.

C. D. 624.132.6

Selección apropiada de equipos para movimientos de tierra — *W. E. Mc Craw.*

Caminos y Construccion Pesada, 2-955, vol. 14, n.º 2, pág. 21.

C. D. 624.138

Estabilizacion de suelos — *Ellis Danner.*

Caminos y Construccion Pesada, 1-955, vol. 14, n.º 1, pág. 15; 2-955, vol. 14, n.º 2, pág. 17.

C. D. 624.152.634

Banque de l'Afrique Occidentale et immeuble de la S. D. I. H à Dakar — *Ph. Demonsablon* e *G. Buhan.*

La Tecnhique Moderne-Construction, 2-955, vol. 10, n.º 2, pág. 28-34.

C. D. 624.152.635

Pantalla de pilotes hormigonados «in situ» — *Henry T. Perez.*

Informes de la Construcciion, 12-954, ano 7, n.º 66, pág. 4.

C. D. 624.21.095

Pisos Nuevos para puentes viejos — *H. L. White.*

Caminos y Construccion Pesada, 1-955, vol. 14, n.º 1, pág. 4.

C. D. 624.624 : 624.057.6

Puente sobre el valle «Tiefetal», Baviera — *Edüard Schwaab* e *Anton Gattnar.*

Informes de la Construccion, 12-954, ano 7, n.º 66, pág. 8.

C. D. 624.914.1

Correcta e incorrecta ejecución de una nave de madera — *E. Gaber.*

Informes de la Construccion, 10-954, n.º 64.

C. D. 624.914.2

Cubierta aligeirada de gran luz.

Informes de la Construccion, 12-954, n.º 66 pág. 4.

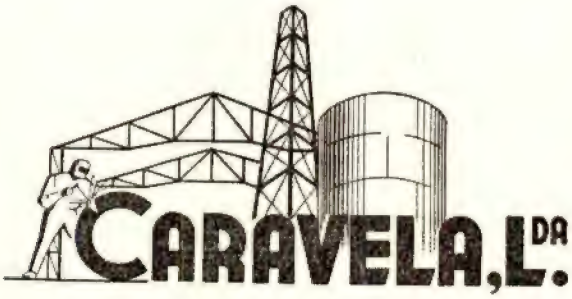
C. D. 624.914.4

Ribbed Prestressed Concrete Roof for Bank of England Printing Works.

Building Materials Digest, 10-954, vol. 14, n.º 10, pág. 336.

Vista da nave das máquinas das instalações da Lusalite em África
Executada pela Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, LTD.ª (Antiga OMES)

FÁBRICA METALURGICA E CONSTRUTORA



Nesta oficina executam-se também outros trabalhos; como:

Reservatórios, estruturas metálicas para aparelhos de elevação, postes metálicos, condutas metálicas, pontes metálicas, etc.

Sede: Avenida Infante D. Henrique — Talhão 10 — LISBOA

Telef. 399008 / 399480

C. D. 624.914.4

Prestressed-concrete structure for bank of england printing works.

Civil Engineering and Public Works Review, 10-954, vol. 49, n.° 580, pág. 1063.

C. D. 624.94

Constructional steelwork up-to-date — trends en selection of methods.

Building Materials Digest, 10-954, vol. 14, n.° 10, pág. 331.

C. D. 624.94 : 725.36

Silos metálicos para cereales — *P. Peissi.*

Revista de Obras Públicas, 10-952, n.° 2850, pág. 449.

C. D. 624.95

L'ossature metallique des Grands Magasins Jelmoli, à Zurich-Oerlikon (Suisse) — *M. Frei.*

L'Ossature Metallique, 10-954, vol. 19, n.° 4, pág. 71.

C. D. 624.97.011.1

Relay tower built without metal — wooden fon fixings timber structure.

Building Materials Digest, 10-954, vol. 14, n.° 10, pág. 356.

C. D. 625.74.072.322

The design of segmental arched concrete culverts — *W. Scott Wilson.*

Civil Engineering and Public Works Reviw, 12-954, vol. 49, n.° 582, pág. 1302.

C. D. 625.8.003

Menor costo inicial del pavimiento de hormigón de cemento Pórtland.

Cemento Portland, 3-954, n.° 30, pág. 9.

C. D. 625.855.5

Experiencias de estabilizacion asfaltica en el tercer sector del camino de Santiago a la Serena (2.ª 3.ª partes) — *Sergio Miguel Steeger.*

Revista de Caminos, 1-6-954, pág. 7; 7-12-954, pág. 96.

C. D. 625.878

Un estudio de laboratorio sobre mezclas de goma y asfalto para pavimiento — *Harry Rex* e *Robert Pech.*

Revista de Caminos, 10-12-954, pág. 239.

C. D. 626 8 (048)

Congrès international des Irrigations.

La Technique Moderne — Construction, 8-954, vol. 9 n.° 8, pág. 297.

C. D. 627.23.3.001.57

Étude sur modele réduit du port de Port-en-Bessin — *C. Birard.*

La houille blanche, 11-954, n.° B, pág. 681.

C. D. 627.3 : 551.556

Pantalla de protección contra el viento en el puerto del Havre — *Pierre D. Cot.*

Informes de la Construccion, 10-954, n.° 64.

C. D. 627.33

Port de Conakry. Le quai miniev — *M. Gonon.*

La Technique Moderne — Construction, 2-955, vol. 10 n.° 2, pág. 35-42.

C. D. 627.41 (679)

Acção da vegetação na regularização dos rios — *Eng.° Manuel Romano.*

Boletim da Sociedade de Estudos de Moçambique, Set.-Out. 1954, ano 24, n.° 87, pág. 101-102.

C. D. 627.42 (42)

River defense works in South Wales — *C. C. Evans.*

Civil Engineering and Public Works Review, 10-954, vol. 49, n.° 480, pág. 1071.

C. D. 627.8 : 621.311.21 (67)

Owen Falls: Constructional Problems — *P. Bertlin* e *Henry Olivier.*

The Procedings of The Institution of Electrical Engineers, 11-954, vol. 101, n.° 132, pág. 364 a 372.

C. D. 627.821 : 627.825

Nuevo metodo para el calculo de presas-bovedas — *J. L. Fernandez Casado.*

Revista de Obras Públicas, 10-952, n.° 2850, pág. 441

C. D. 627.824.3.002

High, Wide and wet — *Ray Day.*

Excavating Engineer, 11-954, vol. 48, n.° 11, pág 14.

C. D. 627.824.3.002.6

Enorme terraplén construído como presa — *Frede D Miles.*

Caminos y Construccion Pesada, 1-955, vol. 14, n.° 1, pág. 30.

C. D. 627.83

Le esperienze su modello per lo scolmatore del Reno — *Guilio Supino.*

Rivista del catasto e dei servizi tecnici erariali, 1954, ano 9, n.° 4, pág. 287-303.

C. D. 627.841 + 624.191.8.012.47

Revestimiento de galerias con «hormigón pretensado» — *Alois Kieser.*

Informes de la Construccion, 10-954, n.° 64.

C. D. 627.844 : 620.197.1

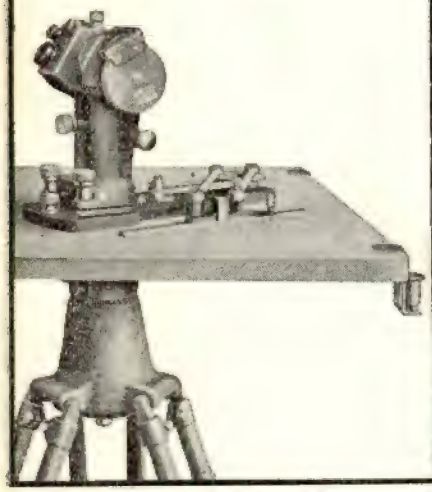
La protection contre la corrosion des conduites forcées — *Robert Bouchayer.*

L'Ossature Metallique, 10-954, vol. 19, n.° 10, pág. 477.

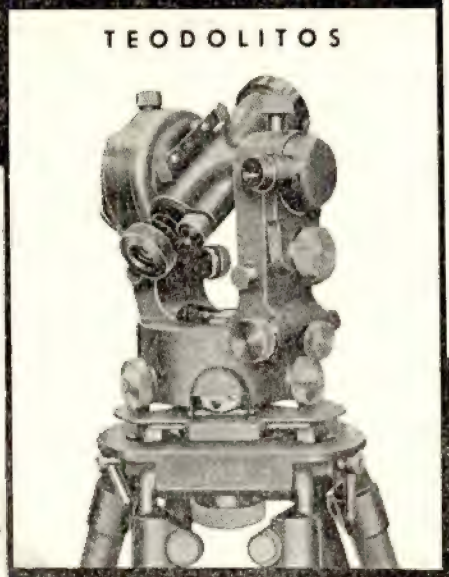
Modernos
INSTRUMENTOS GEODÉSICOS
KERN
— FABRICO SUIÇO —

Para um trabalho mais simples, mais preciso, mais rápido e menos árduo...

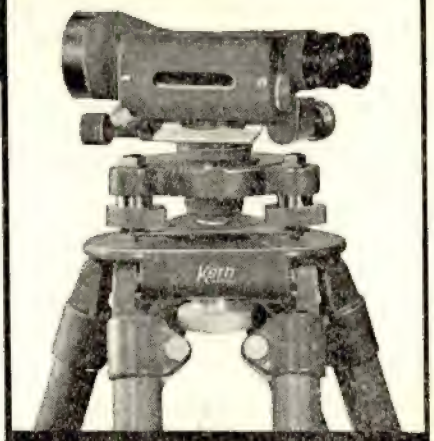
ALIDADES



TEODOLITOS



NÍVEIS



Kern AARAU

SEMPRE PARA ENTREGA IMEDIATA NOS REPRESENTANTES

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.A, L.DA

PORTO — CASA FUNDADA EM 1854 — LISBOA

MANIL

EXPORTAÇÃO · IMPORTAÇÃO

Sede: **Paço d'Arcos** – Av. Voluntários da República – Tel. 262 P. A.

CONSTRUÇÃO CIVIL

SERRAÇÃO E CARPINTARIAS MECÂNICAS
MADEIRAS E TACOS TRATADOS

Depósitos: CASCAIS — ESTORIL
PAÇO D'ARCOS — PAREDE

As oficinas estão apetrechadas com os maquinismos mais modernos e com estufa para secagem e tratamento de madeiras

C. D. 627.86

Cierre del tunel de desviacion del pantano de Entrepeñas — *Domingo Diaz – Ambrova.*

Revista de Obras Públicas, 10-952, n.º 2850, pág. 432.

C. D. 627.891

Obturation d'une brèche des dighes de l'Isère, lors de la crue de Juin 1948 — *A. Raynaud.*

La houille blanche, 9-10-954, n.º 5, pág. 575.

C. D. 656.62

Navegação dos rios Tietè e Paraiba — *Plinio de Queiroz.*

Engenharia, 12-954, vol. 13, n.º 145, pág. 168.

C. D. 658

Productividad y mando de hombres — *Roberto Cuñat.*

Dyna, 2-1955, vol. 30, n.º 2, pág. 132-137.

C. D. 679.5 : 539.413

Note sur la validité de la formule définissant le rapport de la portée à l'épaisseur dans l'essai de flexion — *G. Fabre.*

Industrie des Plastiques Modernes, 12-1954, vol. 6, n.º 10, pág. 45-46.

C. D. 69.002.7

Handling of materials on the site towards greater mechanisation.

Building Materials Digest, 10-1954, vol. 14, n.º 10, pág. 355.

C. D. 691.113

Timber identification for builders and architects — *Nicholas Clifford.*

Building Materials Digest, 9-1954, vol. 14, n.º 9, pág. 308.

C. D. 691.327 — 119.2

¿ Puede preverse mediante un ensayo rápido la importância de la retraccion de um cemento ? — *L. Vironnand.*

Cemento-Hormigon, 12-1954, vol. 20, n.º 249, pág. 488-491.

C. D. 693.451

Story-high panels of hollow bricks. Quick handling on site ensured by prefabrication technique.

Building Materials Digest, 2-1955, vol. 15, n.º 2, pág. 58-59.

C. D. 693.451.32

Las bases aéreas americanas en Francia — *Wando G. Bowman.*

Informes de la Construccion, 1-1955, ano 7.º, n.º 67, pág. 6.

C. D. 693.557.4

Pre-cooling hass concrete.

Civil Engineering and Public Works Review, 12-1954, vol. 49, n.º 582, pág. 1303.

C. D. 697.952

Les aspirateurs statiques — *M. D. Thin.*

Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publiques, 1-1955, ano 8.º, n.º 85, pág. 30-54.

C. D. 711.4

Le nouveau Maubeuge — Synthese d'une collaboration etroite entre techniciens et population — *André Lurcat.*

Urbanisme, ano 23.º, n.º 37-38, pág. 99-114.

C. D. 711.72 (81) S. Paulo

Tránsito e urbanismo em São Paulo.

A. Barros Júnior, 11-1954, vol. 13, n.º 144, pág. 119.

C. D. 725.35

Entrepot Frigorifique du Port de Dakar — *C. de Chessin.*

La Technique Moderne-Construction, 2-1955, vol. 10, n.º 2, pág. 16-22.

C. D. 725.38

Nouveaux abattoirs de Dakar — *C. de Chessin.*

La Tecnique Moderne-Construccion, 2-1955, vol. 10, n.º 2, pág. 23-27.

C. D. 725.39 (46)

Aeropuerto de Barajas.

Informes de la Construccion, 1-1955, ano 7.º, n.º 67, pág. 14.

C. D. 725.39 (469)

El aeropuerto de Lisboa — *C. Temudo — Barata.*

Informes de la Construccion, 1-1955, ano 7.º, n.º 67, pág. 6.

C. D. 725.39 (493)

Aeropuerto Municipal de Lamber-Saint Louis.

Informes de la Construccion, 1-1955, ano 7.º, n.º 67, pág. 4.

C. D. 725.39 : 624.914.2

Les nouveaux hangars de l'aéroport d'Orly — *E. Becker.*

Acier-Stahl-Steel, 1-1955, vol. 20, n.º 1, pág. 2.

C. D. 725.39 : 624.914.4

Hangares con cubierta abovedada laminar.

Informes de la Construccion, 1-1955, ano 7.º, n.º 67, pág. 4.

C. D. 725.4

Nouveau hall de montage de la Société DEMAG — *W. Moeller.*

Acier-Stahl-Steel, 1-1955, vol. 20, n.º 1, pág. 13.

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

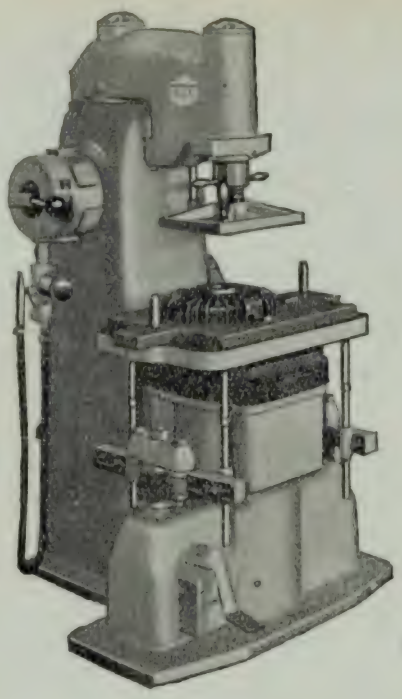
— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 63 81 71/6

telefones · radio · cabos



BADISCHE MASCHINENFABRIK A. G.

KARLSRUHE - DURLACH — ALEMANHA

INSTALAÇÕES COMPLETAS
PARA FUNDIÇÕES

ESTUDO DE PROJECTOS

REPRESENTANTES

AZEVEDO & PESSI, L.DA

Rua Nova do Almada, 46 — LISBOA

Telef. 2 0354 - 2 4495 - 2 9879

Oficina e Laboratórios

do

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA - ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

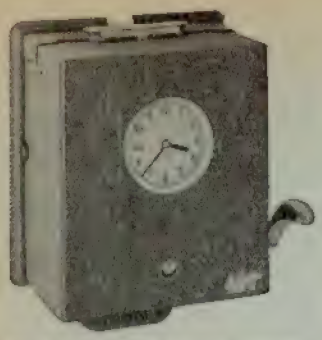
A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA



Relógio semi-automático de ponto

PENSE em Ericsson

...para controlar melhor o tempo de seus empregados

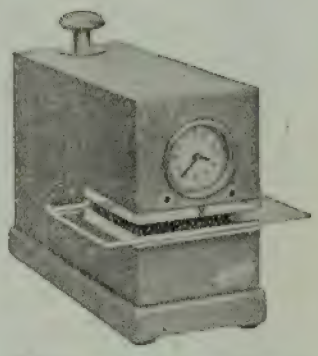
Os relógios de ponto Ericsson proporcionam :

Maior exactidão no controle de pontualidade e frequência.

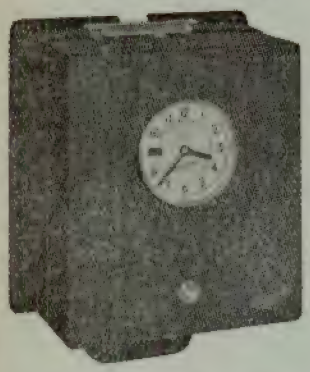
Maior facilidade na preparação das folhas de pagamento.

Maior garantia para empregados e dirigentes na verificação da assiduidade.

Maior economia de tempo e pessoal no controle do ponto : amortização mais rápida do custo de sua aquisição.



Relógio de tarefa para controlar com exactidão os custos de «mão de obra»



Relógio automático de Ponto

Peça a visita de um técnico da Ericsson.

Sem o menor compromisso, pode obter todas as informações e detalhes sobre os Relógios de Ponto ou sobre quaisquer outros produtos Ericsson.

Outros produtos Ericsson :

- Sistemas telefónicos de todos os tipos
- Sistemas de telesinalização
- Sistemas de radiocomunicações e sonorização
- Diversa aparelhagem telefónica e eléctrica

SOCIEDADE ERICSSON DE PORTUGAL, L.DA

RUA FILIPE FOLQUE, 7, 1.°

LISBOA

Telefone (P P C - 2 linhas) — 57193 • Telegramas: ERICSSON

TRABALHANDO PARA O FUTURO

RESISTÊNCIA
E DURAÇÃO

UM PRODUTO
DA

AS TINTAS CEMPEXO
EMBELEZAM E PROTEGEM OS EDIFÍCIOS

PORQUE SÃO
HIDRÓFUGAS
E
PETRIFICANTES

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96
LISBOA

TELEF. 77 5057

FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem
OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS

Alguns artigos de série:

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc.

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

Vendas directas ao comércio da especialidade

Telefones:
Serviços 043 324 a 043 327
Administração 043 156
Secção Aquec. 4 1110 - 45301

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

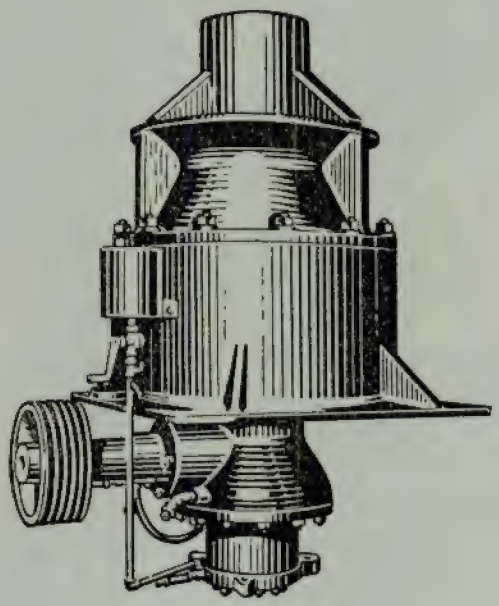
SECÇÃO DE AQUECIMENTO

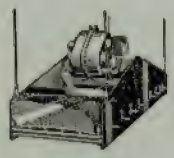
Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110

ALLIS-CHALMERS

O Fabricante da mais vasta linha de Equipamento Industrial do Mundo





Crivos

Britadeira de maxilas

Bombas

Aparelhagem eléctrica

Brite mais toneladas por menor preço

A ALLIS-CHALMERS fabrica britadeiras giratórias e de maxilas para todos os trabalhos de britagem, com alto rendimento e baixo custo, obtendo-se produtos uniformes. Fabricam-se varios tipos, para diferentes capacidades, tanto para reduções primárias como secundárias.

O material ALLIS-CHALMERS, recomendável pela sua robustez e excelente construção, encontra-se a trabalhar, no nosso País e Províncias Ultramarinas, nas mais diversas indústrias.

REPRESENTANTES

ESTABELECIMENTOS HEROLD, L.DA

RUA DOS DOURADORES, 7

LISBOA

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º

Telefones: 2 8685 - 2 6865 ✦ Telegramas: SETANSOL

RÓDIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Sócio gerente: **Walter Weyermann**-Eng. civil

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

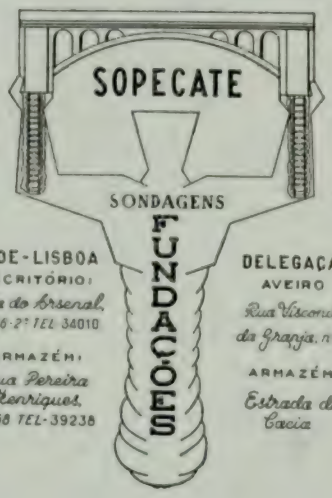
Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

Sociedade de Pesquisas, Captações de Agua e Transportes, L.da



ELECTRO-ARCO

LIMITADA

●

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

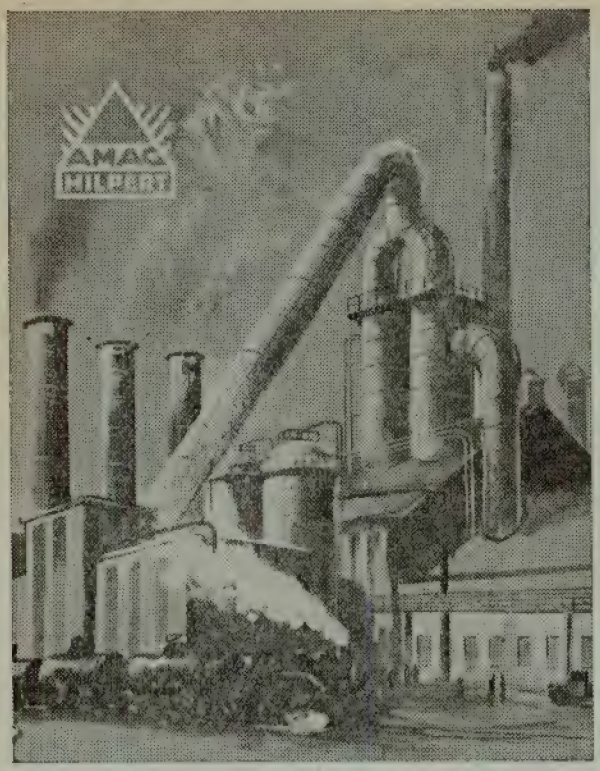
●

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649

PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277



BOMBAS CENTRÍFUGAS

K. S. B.

Amag — Hilpert

(Nuremberg - Alemanha)

ESPECIAIS PARA A

INDÚSTRIA QUÍMICA

Consultem os representantes exclusivos

MÁQUINAS DE PRECISÃO, L.DA

(Eng.º J. D'ARRIAGA DE TAVARES)

LISBOA — Rua da Boa Vista, 45 a 49
Telef. 66 60 86-7

PORTO — Rua Sá da Bandeira, 629
Telef. 2 8720

LUANDA — R. Pereira Forjaz, 75 (C. P. 304)

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

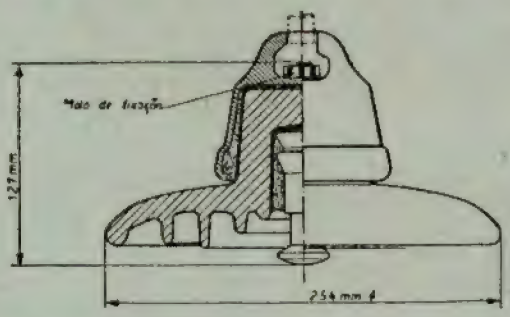
Candal — Gaia

ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

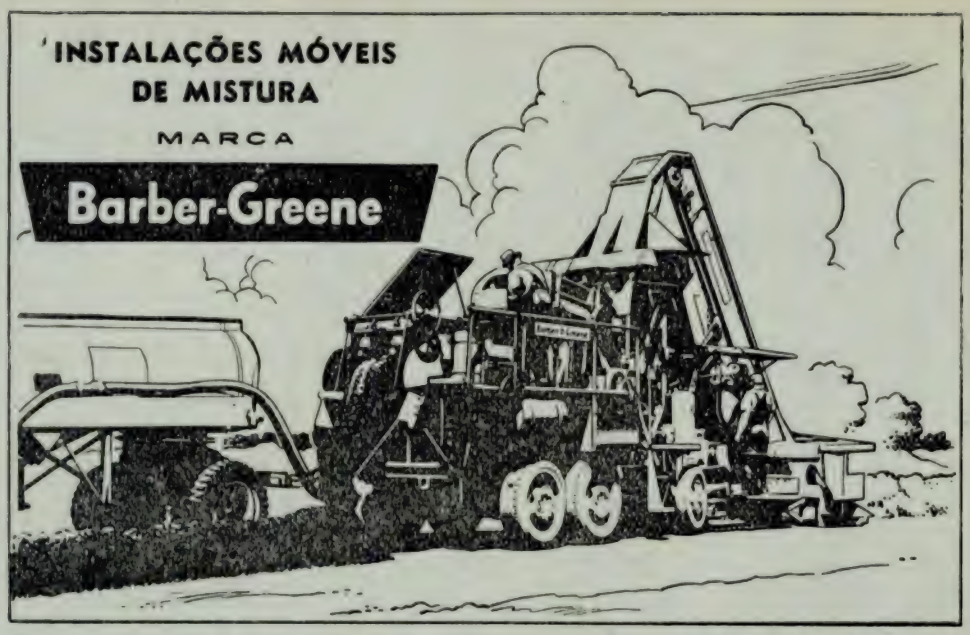


Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento

Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA



Para produção de misturas betuminosas ou solos estabilizados, utilizando duas unidades móveis.

A instalação móvel de mistura consiste de duas unidades básicas – o misturador portátil Barber-Greene e o carregador de materiais. Produz as misturas betuminosas da mais alta qualidade para Estradas, Ruas e Aeroportos, fazendo a mistura «in-loco».

Capacidade – de 125 a 250 toneladas/hora.

Utiliza todos os tipos de ligantes, tais como, Asfalto, Alcatrão, Emulsões, Cimento e Argila.

Trabalha sob todas as condições climáticas porque está equipada com as protecções mais eficazes o que lhe permite reduzir as possibilidades de avarias causadas pelas más condições climáticas.

Pode trabalhar como instalação de mistura a quente, acopulando-lhe um secador.

Utilizada em conjunto com o secador, um retentor de poeiras (ciclone) e um seleccionador, forma um conjunto completo para o fabrico de qualquer tipo de mistura a quente.

Para informação detalhada dirija-se ao representante exclusivo.

Barber-Greene Overseas, Inc.
Barber-Greene Company, Aurora, Ill., U.S.A.

BG

Barber-Greene Olding & Co., Ltd., England
Barber-Greene Canada, Ltd., Canada

REPRESENTANTE EXCLUSIVO:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8
LISBOA

Ad No. 54-102A—T.P.

PNEUS PARA TRACTORES

MABOR

HORÁCIO ALVES, L.DA

43, RUA AUGUSTA, 51

Telef. 26 247 LISBOA Teleg. ALZI

FERRAGENS

O mais completo sortido, nacionais e estrangeiras, para a construção

FERRAMENTAS

Das melhores marcas para todas as artes

TUBOS DE FERRO PRETOS E GALVANISADOS E SEUS ACESSÓRIOS

Tubo de chumbo — Válvulas — Torneiras Autoclismos, etc.

ARAMES — METAIS

AOS MELHORES PREÇOS

- Isolamentos térmicos, acústicos e contra fogo.
- Purgadores para vapor de todos os tipos.
- Válvulas de passagem para vapor.
- Válvulas reguladoras de temperatura de vapor, água e ar.
- Válvulas redutoras de pressão de vapor e água.
- Aparelhos de tratamento de água.
- Tubo metálico flexível em tombaque.
- Reguladores de combustão para caldeiras de aquecimento central.
- Cimentos e plásticos refractários.

Pedidos a

BOUHON & IRMÃO, LTD.

Em Lisboa: Avenida Júlio Dinis, 26, r/c Esq.
Telef. 773603 e 778685

No Porto: Rua Antero de Quental, 615
Telef. 40124

MATERIAL ELÉCTRICO

para instalações de alta e baixa tensão

ESPECIALIDADES **GARDY:**

Corta-circuitos e cartuchos de alto poder de corte
Disjuntores para força motriz e iluminação
Disjuntores de calibres variáveis
Disjuntores MINIHUILLE, até 35 kV
Dispositivos de corte em carga para seccionadores, etc.

REPRESENTANTE:

ANTÓNIO BARÓ

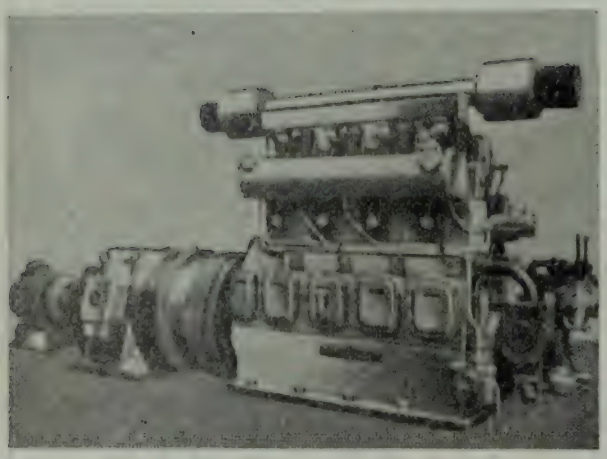
Rua da Assunção, 99-2.º-Dt.º

LISBOA

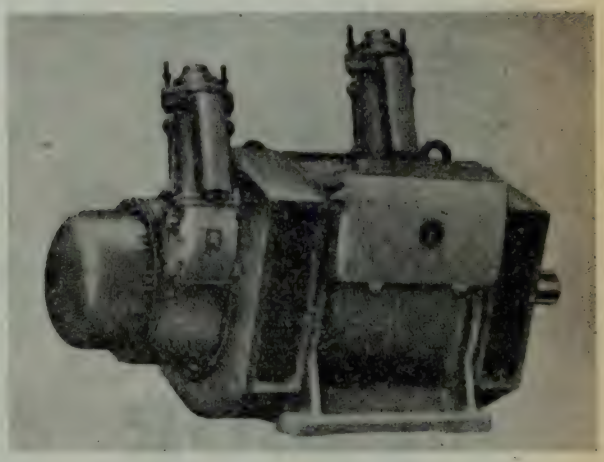
APARELHAGEM

'ENGLISH ELECTRIC'

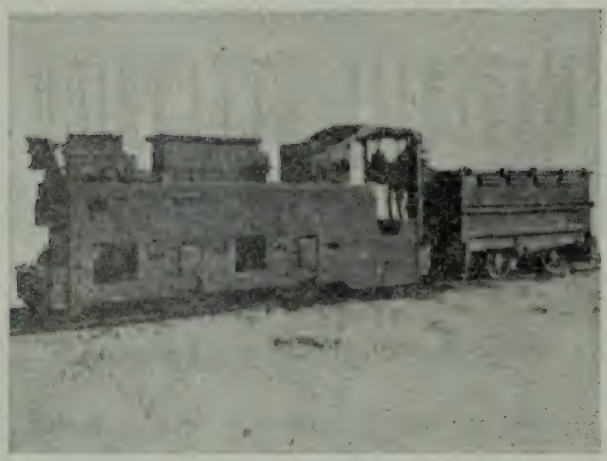
PARA MINAS



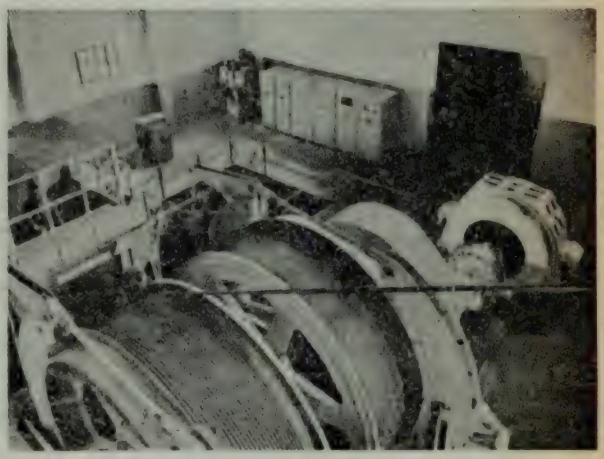
Motores Diesel e de combustível duplo



Motores eléctricos blindados e anti-deflagrantes



Locomotivas de túnel, accionadas por acumuladores



Máquinas de extracção

THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED

Fábricas em: Stafford, Rugby, Preston, Bradford e Liverpool

Representantes exclusivos para Portugal e África Ocidental Portuguesa:

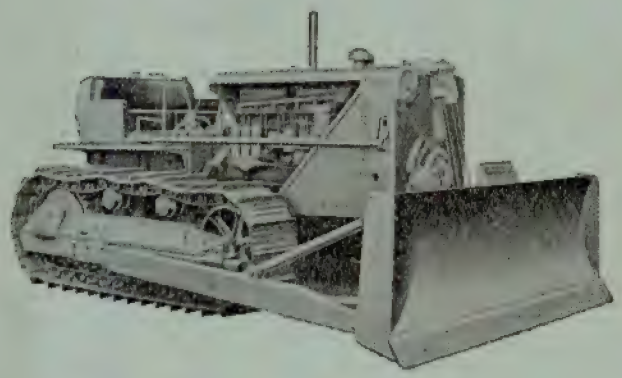
MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Sede: Rua Cascais, 47 (Alcântara) — LISBOA

Sucursais: PORTO, BEJA, VILA FRANCA DE XIRA e LUANDA

Bulldozers em Stock

para entrega imediata



- Tractor Caterpillar D7 de 90 HP à barra, equipado com bulldozer 7S e comando de cabos n.º 25.
- Tractor Caterpillar D6 de 75 HP à barra, equipado com bulldozer 6S e comando hidráulico n.º 46.
- Tractor Caterpillar D4 de 48 HP à barra, equipado com bulldozer 4S ou 4A e comando hidráulico n.º 44.
- Tractor Caterpillar D2 de 38 HP à barra, equipado com bulldozer 2S ou 2A e comando hidráulico n.º 44.

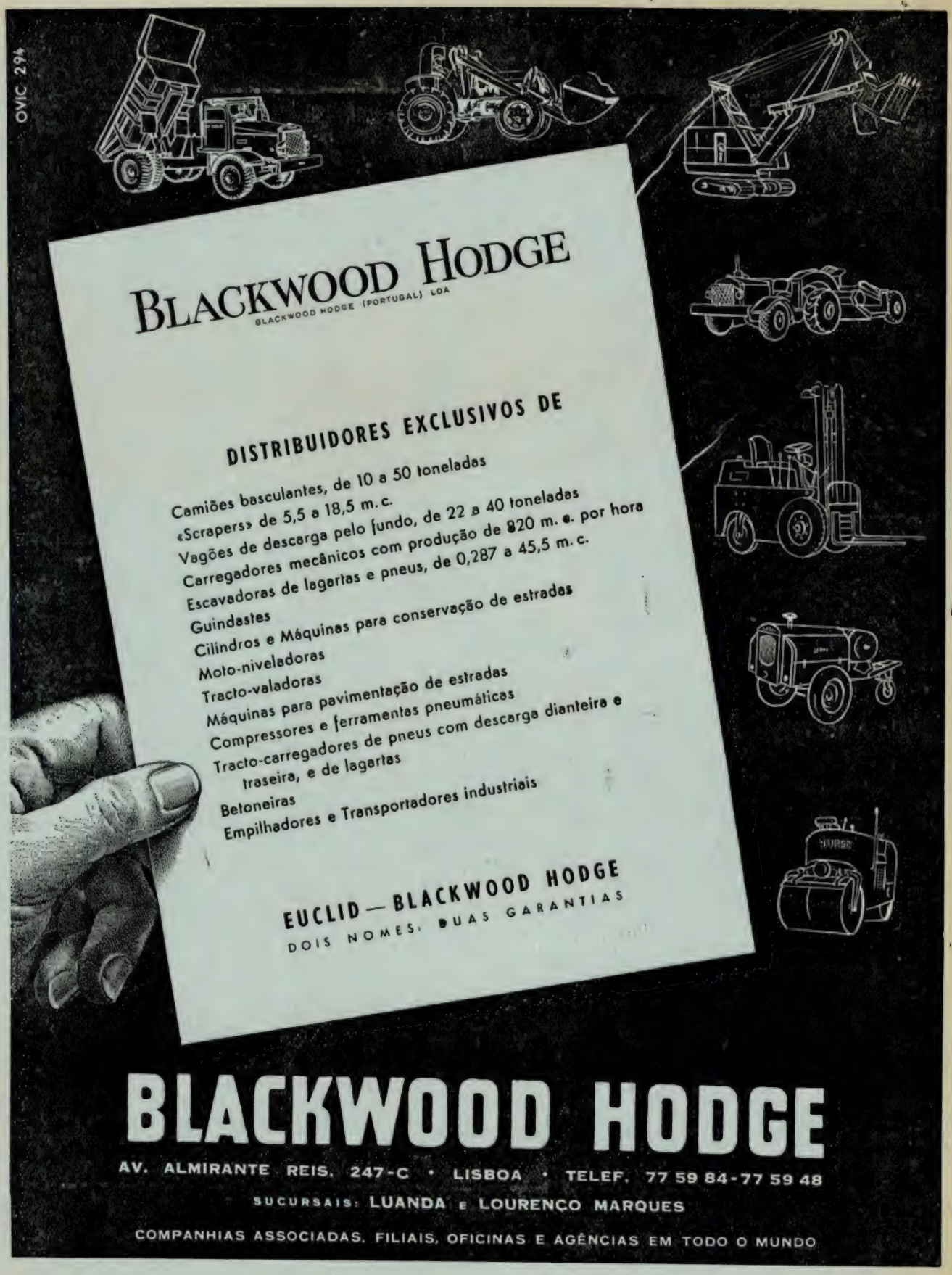
Caterpillar

MARCA REGISTRADA

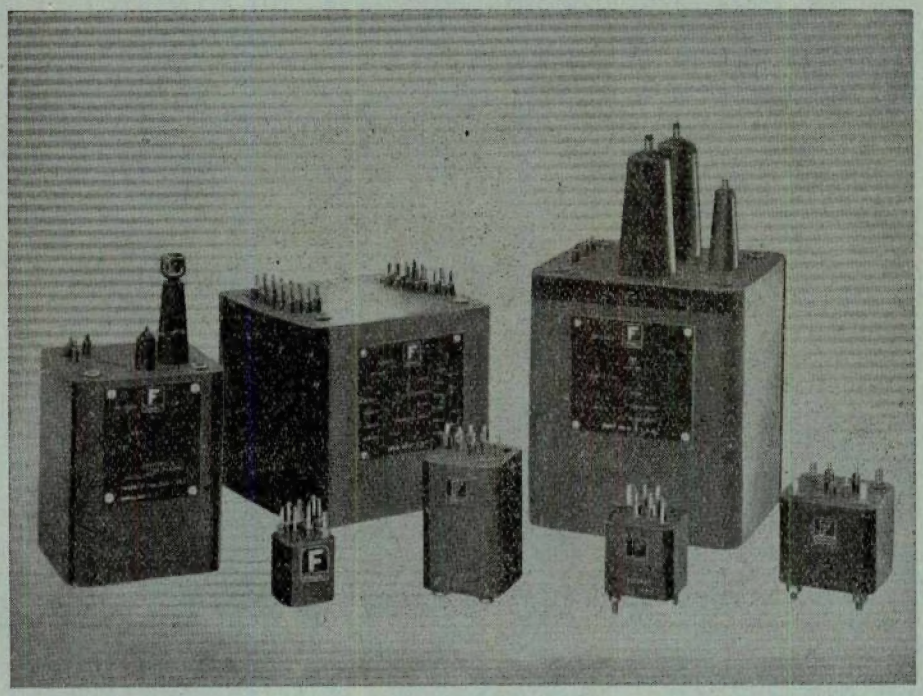
Representante Exclusivo:

SMEIA

Sociedade de Mecanização Industrial e Agrícola, S.A.R.L.
Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B, 1.º — Tel. 77 81 53/4/5
LISBOA


OVIC 294
BLACKWOOD HODGE
BLACKWOOD HODGE (PORTUGAL) LDA
DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS DE
Camiões basculantes, de 10 a 50 toneladas
«Scrapers» de 5,5 a 18,5 m. c.
Vagões de descarga pelo fundo, de 22 a 40 toneladas
Carregadores mecânicos com produção de 820 m. c. por hora
Escavadoras de lagartas e pneus, de 0,287 a 45,5 m. c.
Guindastes
Cilindros e Máquinas para conservação de estradas
Moto-niveladoras
Tracto-valadoras
Máquinas para pavimentação de estradas
Compressores e ferramentas pneumáticas
Tracto-carregadores de pneus com descarga dianteira e traseira, e de lagartas
Betoneiras
Empilhadores e Transportadores industriais
EUCLID — BLACKWOOD HODGE
DOIS NOMES, DUAS GARANTIAS
BLACKWOOD HODGE
AV. ALMIRANTE REIS, 247-C • LISBOA • TELEF. 77 59 84-77 59 48
SUCURSAIS: LUANDA E LOURENÇO MARQUES
COMPANHIAS ASSOCIADAS, FILIAIS, OFICINAS E AGÊNCIAS EM TODO O MUNDO

NOVOS TIPOS DE TRANSFORMADORES E CHOKES TIPO PENTLAND EMBEBIDOS EM RESINA



TENDO AS SEGUINTES VANTAGENS:

- COMO OS COMPONENTES ELÉCTRICOS ESTÃO EMBEBIDOS EM RESINA SINTÉTICA ESPECIAL, FICAM PROTEGIDOS CONTRA POEIRAS, HUMIDADES, ÁCIDOS, ETC.
- COMO A RESINA FICA A ENVOLVER AS ARMADURAS, FICA MONOBLOCO E RESISTENTE CONTRA PANCADAS.
- PODEM ESTES TRANSFORMADORES OU CHOKES SER MONTADOS EM QUALQUER POSIÇÃO.
- DIMENSÕES MAIS REDUZIDAS QUE OS TRANSFORMADORES EM BANHO DE ÓLEO.
- SÃO PRÀTICAMENTE INCOMBUSTÍVEIS.

PARA MAIS INFORMAÇÕES DIRIGIR-SE A

C. SANTOS LDA.

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

Av. da Liberdade, 35, 1.º

LISBOA

TABELAS DE BETÃO ARMADO

pelo Eng.º Vasco Costa

PREÇO **120$00**

Desconto de **10** % para os assinantes

EDIÇÃO DA "TÉCNICA"

TOPOGRAFIA GERAL

PELO ENG.º CARVALHO XEREZ

2 VOLUMES

Preço de cada volume encadernado

150$00

Desconto de 10 % aos assinantes

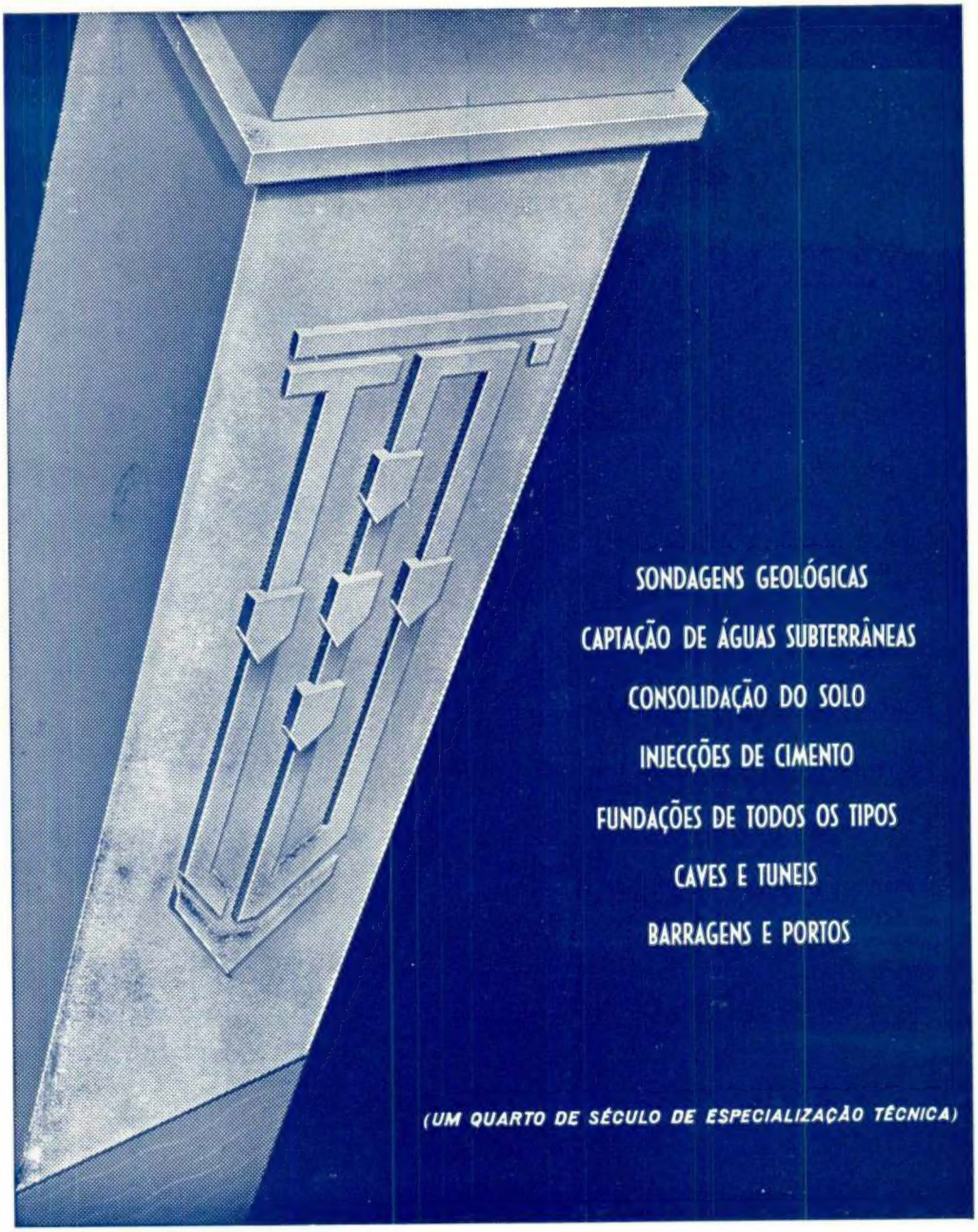
EDIÇÃO DA TÉCNICA

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 3 2774

LISBOA



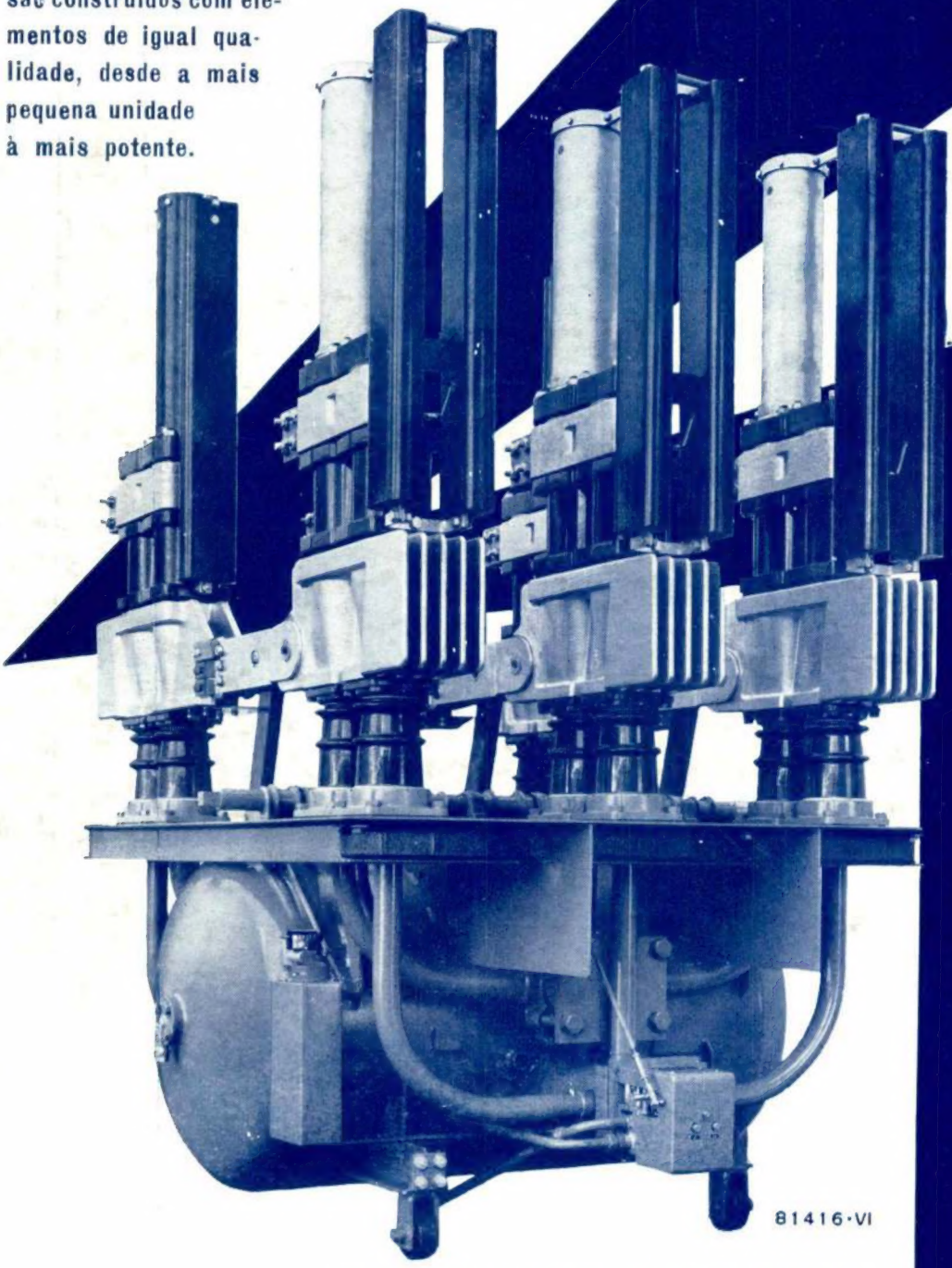
PRODUTOS DE ALTA TÉCNICA

Interruptor pneumático ultra rápido, para montagem interior

20 KV, 5000 AMP., 2000 MVA.

BROWN BOVERI

Os interruptores pneumáticos **BROWN BOVERI** são construídos com elementos de igual qualidade, desde a mais pequena unidade à mais potente.



Preços e detalhes solicitar a **EDOUARD DALPHIN**

Representante para Portugal e Ultramar dos produtos da Casa Suíça

BROWN BOVERI & CIE.

Com escritório técnico na Rua de Sá da Bandeira, 481-2.º

TELEFONE 23411 PORTO